

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Fenotípica de Plántulas-Planta Juvenil de Maíz que Presenta
Poliembrionía

Por:

ANTONIO DE JESÚS VELA COLORADO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2014.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Fenotípica de Plántulas-Planta Juvenil de Maíz que Presenta
Poliembrionía

Por:

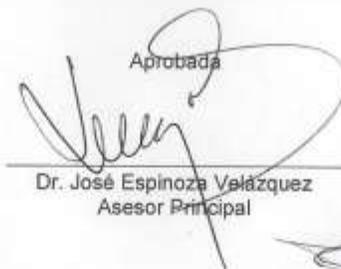
ANTONIO DE JESÚS VELA COLORADO

TESIS

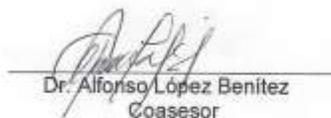
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada



Dr. José Espinoza Velázquez
Asesor Principal



Dr. Alfonso López Benítez
Coasesor



M.G. Roberto Espinoza Zapata
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltijo, Coahuila, México
Diciembre, 2014.

Coordinación
de Agronomía

DEDICATORIAS

A **DIOS** por darme la capacidad y oportunidad de concluir mis estudios en esta bella universidad.

A MIS PADRES

Sra. Carmela Colorado Ramos

Sr. Darío Segundo Vela Ortiz

A ustedes, que a lo largo de mi vida me guiaron siempre por el buen camino, me brindaron apoyo y consejos son mi guía y ejemplo a seguir como persona, en los momentos difíciles me alentaron a seguir adelante anhelando siempre mi preparación siendo esta la más valiosa de las herencias.

A MIS HERMANOS, **María del Socorro, Gaudencio, Eladio, Gerardo, José Segundo, Delfina, Martina, Víctor, Enriqueta**, porque sin el apoyo de ustedes no hubiera sido posible lograr este triunfo en especial quiero agradecer a **José Segundo** por el apoyo incondicional que le brindo a mi padre ayudándolo en mi lugar, también a **María, Martina, Delfina, Eladio** por el apoyo moral y económico también por el excelente cuidado que brindaron a mis padres cuando ellos lo necesitaron a **Gaudencio, Gerardo, Víctor y Enriqueta** que estuvieron al pendiente de mi preparación en momentos difíciles.

A **MI ABUELITA, SOBRINOS (a) y CUÑADOS (a)** que siempre estuvieron al pendiente de mi desarrollo profesional mostrando apoyo moral.

A **Jaeyoung Sim** quien sin pensarlo se convirtió en una persona muy especial que me brindo mucho apoyo moral, e hiso pasar excelentes momentos.

A MIS AMIGOS y COMPAÑEROS DE GENERACIÓN, **Dulce Corazón, Verónica Guadalupe, María de Jesús, Gabriela Abigail, Leticia, Ícela, Gris, Sara, Luis Miguel, Emir Ayeinner, Eduardo Pineda, Jesus, Gregorio, Jorge, Alonso, Andrés, Manuel Treviño, Manuel Arredondo, Eduardo Alonso, Ismael, Jaime, Rodolfo, Omar, Víctor, Adolfo, Eleuterio, Juan Bonilla, Juan Santizó, Elver, Riquelme, Teodoro.** Por su amistad consejos e ideas durante mi preparación profesional.

Son muchas personas especiales a las que me gustaría dedicar el trabajo están aquí otras en mis recuerdos. Si alguna vez llegan a leer esta dedicatoria quiero dales las gracias por formar parte de mí entorno y por todo lo que me brindaron.

AGRADECIMIENTOS

En principio quiero agradecer a **Dios** por la oportunidad que me dio de nacer y ser la más importante de mis compañías, que me ayudo a culminar con éxito el esfuerzo de todos estos años de estudio.

A mi “**Alma Terra Mater**” Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la oportunidad de estudiar en ella una excelente universidad que me da una identidad propia para la vida laboral.

Al **Departamento de Fitomejoramiento y sus profesores**, por darme los conocimientos necesarios, para culminar mis estudios y el presente trabajo de investigación.

Al **Dr. José Espinoza Velázquez**, por la oportunidad de darme un espacio dentro de sus trabajos y otorgarme tema de investigación y ser mi asesor, además de dedicar su tiempo en sus valiosas sugerencias y dirección en la realización de este trabajo.

Al **comité de asesores** por sus atinadas correcciones, para presentar un buen trabajo.

A las **laboratoristas Beatriz y Úrsula**, también a los ayudantes en los experimentos **Rogelio y Jesús** por su apoyo en la realización de este trabajo

A los amigos **Daniel, Jorge, José Leobardo, Juan Antonio, Juan salvador, Jesús Alonzo.**

ÍNDICE DE CONTENIDO

HOJA DE FIRMAS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
DEDICATORIAS.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	V
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Importancia delo maíz.....	4
La producción de maíz a nivel mundial.....	5
Producción nacional del maíz.....	7
Clasificación del maíz moderno.....	8
Mejoramiento genético del maíz.....	10
Poliembrionía.....	11
Poliembrionía (PE) en maíces bajo estudio.....	12
Calidad nutrimental del maíz Poliembriónico.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
Descripción del área de estudio.....	18
Material genético.....	18

Materiales de cuantificación e identificación.	19
Establecimiento de los materiales en el invernadero.	20
Diseño experimental y análisis estadístico.	22
VARIABLES DE ESTUDIO.	23
1. Características de interés general.	23
2.- Características anatómicas de las plántulas.	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
1.- Variables de interés general (PG, PPE, PA).....	27
2. Variables asociadas a la Poliembrionía.	31
3.- Variables métricas.	33
4.- Expresión fenotípica de plántulas PE y No-PE, expresado a través de los ocho tratamientos.	56
V. CONCLUSIÓN.....	72
VI. LITERATURA CITADA	74
APÉNDICE DE CUADROS.....	81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Variedades y usos del maíz.....	9
Cuadro 2.2. Frecuencias de Poliembrionía en maíz a través de los años observadas en poblaciones desarrolladas por el IMM-UAAAN.....	14
Cuadro 3.1 Descripción de los genotipos utilizados en el experimento.....	19
Cuadro 4.1. Valores promedio de las variables generales, a través de tratamientos, diferentes genotipos.....	28
Cuadro 4.2 valores de X^2 calculada y los tamaños de muestra.....	31
Cuadro 4.3 Variables asociadas con la Poliembrionía en genotipo C.....	32
Cuadro 4.4 A. Valores promedio de variables métricas a través de experimentos.....	34
Cuadro 4.4 B.....Continuación del Cuadro 4.4 A. Valores promedio de variables métricas a través de experimentos.....	35
Cuadro 4.5 variables relación PSR/PST y PST/PSR.....	49
Cuadro 4.6 Comportamiento promedio de peso seco tallo entre genotipos. ...	51
Cuadro 4.7 Comportamiento promedio de peso seco raíz entre genotipos....	53
Cuadro 4.8 Acumulación de materia seca PSR+PST, por genotipo a lo largo de los experimentos.....	54
Cuadro 4.9. Significancias estadísticas dadas por los ANOVA en los diferentes tratamientos.....	63
Cuadro 4.10 A. Agrupamiento de promedio Tukey's.....	63
Cuadro 4.10 B. Agrupamiento de promedio Tukey's.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 porcentajes de producción de maíz a nivel mundial por país.	6
Figura 2.2 resumen nacional de producción de maíz en México, 2013.	8
Figura 3.1 aspecto general de una plántula Poliembriónica.	23
Figura 4.1. Planta joven Poliembriónica.	28
Figura 4.2 planta Poliembriónica.	34
Figura 4.3 Valores promedio del (PIS), muestra aleatoria por experimento.	36
Figura 4.4 Comportamiento del NRS a través de experimentos.	37
Figura 4.5 Comportamiento ascendente del número de raíces de corona.	38
Figura 4.6 Comportamiento ascendente del número de hojas	40
Figura 4.7 comportamiento ascendente del tallo (cm).	41
Figura 4.8 comportamiento ascendente de la radícula (cm).	42
Figura 4.9 Comportamiento ascendente del peso fresco raíz (g).	43
Figura 4.10 Comportamiento ascendente del peso fresco tallo (g).	45
Figura 4.11 Comportamiento ascendente del peso seco raíz (g).	46
Figura 4.12 Comportamiento ascendente del peso seco tallo (g).	47
Figura 4.13 Relación entre raíz y tallo en la acumulación de materia seca. .	48
Figura 4.14 comportamiento de la relación PSR/PST y PST/PSR.	50
Figura 4.15 comportamiento de peso seco tallo entre genotipos.	52
Figura 4.16 Comportamiento de peso seco raíz entre genotipos.	53
Figura 4.4.1 Etapa 0 d, tamaño de la semilla. Ejemplo por genotipo.	56

Figuras 4.4.2 Etapa 05 d, expresión fenotípica.	56
Figuras4.4.3 Etapa 10 d, expresión fenotípica. A= casos Poliembriónicos, B=semillas que germinan en una sola plántula	57
Figuras 4.4.4 Etapa 15 d, expresión fenotípica. La regla metálica utilizada mide 50cm.	57
Figuras 4.4.5 Etapa 20 d, expresión fenotípica.	58
Figuras 4.4.6 Etapa 25 d, expresión fenotípica.	58
Figuras 4.4.7 Etapa 30 d, expresión fenotípica.	59
Figuras 4.4.9 Etapa 40d, expresión fenotípica.	60
Figura 4.4.10 indicios de estructuras reproductivas	61

APÉNDICE DE CUADROS

Cuadro A.1 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 5d.	81
Cuadro A.2 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 10d	81
Cuadro A.3 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 15d.	81
Cuadro A.4 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 20d.	82
Cuadro A.5 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 25d.	82
Cuadro A.6 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 30d.	83
Cuadro A.7 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 35d.	83
Cuadro A.8 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 40d.	84

RESUMEN

El maíz es de gran importancia para la alimentación humana y animal además de uso industrial. La Poliembriónía (PE) es una característica singular en maíz y se refiere, en lo general en la producción de varios embriones por una semilla los cuales tienen la capacidad de germinar simultáneamente hasta llegar al desarrollo completo (Plantas adultas), el fenómeno de que las plantas desarrollen más de una planta es de gran importancia, ya que el grano Poliembriónico presenta mayor calidad nutrimental pues el grano tiene mayor acumulación de aceites y proteínas, con esto la posibilidad de incrementar la producción de materia seca por semilla y por unidad de superficie, más el ahorro de semilla por superficie.

En el presente trabajo se pretende evaluar el desarrollo de las plántulas Poliembriónía, estudiada y desarrollada en el IMM-UAAAN, el trabajo consistió en evaluar durante cuarenta días, en lapsos de 5 días, el desarrollo de las estructuras morfológicas de las plántulas, como son sistema radical seminal, nodular y parte aérea.

El germoplasma utilizado incluye la población IMM-UAAAN-NAP, porte normal de alta frecuencia Poliembriónica, como referencia en semillas de la Poliembriónía se utilizaron 288 semillas de materiales (PEm) que representa versiones de maíz común, grano blanco, generadas en IMM-UAAAN, se utilizaron como testigos los materiales híbridos comerciales DEKALB-MONSANTO (DK2061), PIONEER (P3055W) y TUXPEÑO-HOC. Genotipos representativos del maíz común, No-PEm.

Las evaluaciones fueron analizadas bajo un diseño completamente al azar, con dos repeticiones, aplicando el análisis de varianza correspondiente y los casos donde los genotipos resultaron significativos dentro de los tratamientos se aplicó la prueba Tukey ($\alpha = 0.05$). El método estadístico que se aplicó para probar el porcentaje de (PE) en la población fue la Ji cuadrada del tipo “bondad de ajuste” (goodness of fit).

El prototipo de planta plántula-juvenil es descrita por esta manera (NC, NR, RS, NRC, NH, LR, LT, PFR, PFT, PSR, PST). El tamaño de la parcela experimental fue de 20 semillas del genotipo C, y 12 semillas de los genotipos testigos, en los primeros cuatro experimentos. Para los tratamientos de 20d a 40d, fueron 16 semillas para C, y de 10 para los testigos. Donde se expresó que las variables encontradas sobresalientes (NRC y LR), donde NAP desarrolla 23 raíces de corona a los 40 días, en el caso de longitud de radícula expreso similitud a los testigos con un valor promedio de 101 (cm)

Con respecto al manejo de NAP permitió observar porcentajes de Poliembrionía que se encuentran entre 55% y 82% lo que se valida con lo encontrado en la literatura citada la cual indica que el porcentaje promedio general de Poliembrionía se encuentra entre 55% y 65%.

También en el experimento de 40 días se logra apreciar visualmente el desarrollo de estructuras reproductivas como es espiga en la parte del ápice de la planta y jilotes en los costados todo esto en etapa V6.

Respecto a la biomasa acumulada tallo y raíz se comporta en forma ascendente en la primera y segunda etapa, si bien es importante declarar que en la relación (PSR/PST) se obtienen cocientes que van de forma descendente en la primera etapa hasta llegar a 0.85, en el experimento de ahí el porcentaje se mantiene de 34 a 39, por ciento en la etapa dos.

Palabras clave: Zea mays L, poliembrionía, normalidad, sistema radical seminal, sistema radical nodular.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, y de suma importancia en la producción mundial de alimentos en la actualidad Paliwal et al., (2001). La especie pertenece a la familia de las Poáceae (Gramíneas), tribu Maydeae, y es la única especie cultivada de este género.

En la actualidad se propone, y es generalmente aceptado, el hecho de que el teosinte es el antecesor silvestre y/o allegado al maíz y que ha participado directamente en su origen y la versión moderna del maíz. La hipótesis de Beadley de que el maíz es una forma domesticada de teosinte ha encontrado considerable apoyo (Iltis, 1983; Mangelsdorf, 1986; Galinat, 1988, 1995; Goodman, 1988; Doebley, 1990).

La diversidad disponible en maíz es utilizada en varios programas nacionales e internacionales de mejoramiento genético, donde se han desarrollado complejos de germoplasma de base amplia, combinaciones y poblaciones que han demostrado ser fuentes excelentes para el desarrollo de variedades y de variedades sintéticas superiores de polinización abierta y también líneas puras e híbridos (CIMMYT)

El mejoramiento genético especializado, que ocasionalmente incluye la selección de genes mutantes, de origen natural o artificialmente inducidos, es otra fuente importante utilizable en el desarrollo de nuevos materiales. Algunos ejemplos de aplicación de mutantes son, los maíces azucarados y cerosos, el

opaco-2, fuente origen de alta calidad proteica Vivek et al. (2008), *br-2* gen braquítico para enanismo, y la modalidad de semillas de maíz que germinan en dos o más plantas, denominado carácter Poliembriónico (PEm), la mayoría de los cuales han tenido un amplio uso.

La (PEm) en las poblaciones, denominadas UAAAN-IMM-NAP, UAAAN-IMM-BAP desarrolladas en el Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (IMM-UAAAN), dichos materiales presenta en la actualidad una frecuencia de 55 a 65%, de PE, Espinoza et al., (2008). Asociado a la PEm se puede observar la presencia de radículas, coleoptilos y mesocotilos múltiples en frecuencias variables; datos publicados por Espinoza et al., (2012) señala que la frecuencia de radículas múltiples se da en valores de 12 a 16%.

Estas características favorables asociadas a la (PE) justifican el uso de este mutante en la integración de poblaciones de maíz especializadas en calidad nutrimental y producción de forraje, al acumular mayor contenido de materia seca por planta y disminuir el número de semillas por unidad de superficie. Espinoza et al., (1998; 2008).

De acuerdo a lo anterior en el presente trabajo se propone observar detalladamente los cambios morfológicos de maíces de una población normal de alta frecuencia Poliembriónica NAP desde el proceso de germinación, estado de plántula y primero estadios de planta juvenil.

Objetivos

1. Caracterizar el desarrollo morfológico de plántulas de maíz tipo Poliembriónico y de maíz de tipo normal.
2. Evaluar la acumulación de materia seca de plántula de maíz de diferentes genotipos en un periodo de 40 días.

Hipótesis

1. El desarrollo de plántulas Poliembriónicas pueden mostrar la misma capacidad que los maíces de naturaleza común en el desarrollo morfológico y en la acumulación de materia seca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia delo maíz

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México, tanto desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. Analizamos al maíz en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente), en 2006 llega al máximo nivel, representado el 68.6% de la producción total de cereales, (SIAP. 1996-2006).

En México se producen diversas variedades, sin embargo la más importante es la del maíz blanco, cuya participación en la producción total de maíz fue de 94% promedio alcanzado en 2004-2005 (SIAP). En tanto que la participación del maíz amarillo significo sólo el 6% en promedio durante el periodo de referencia.

La producción de grano es la razón principal del cultivo del maíz, todas las partes de la planta -hojas, tallos, panojas y olotes- son utilizadas para diversos fines (Watson, 1988; Fussell, 1992). El maíz es usado en más formas distintas que cualquier otro cereal; las formas principales en que se utiliza es como alimento humano, ya sea doméstico o industrial; alimento para animales y fermentado para varios productos industriales. Paliwal (2001).

Todos estos indicadores hacen que el maíz sea un cultivo que debe ser debidamente explotado, para obtener incrementos rentables en la producción.

La producción de maíz a nivel mundial

El maíz es una gramínea de producción mundial, cuya adaptabilidad permite su cultivo en más de 113 países. Los tres principales productores por volumen de producción del grano son Estado Unidos, China y Brasil. Se destaca China por el mayor dinamismo en su cosecha, con una Tasa Media Anual de Crecimiento (TMAC) de 6.4%, entre el 2007 y el 2012. Por su parte, Estados Unidos presentó una TMAC de -3.7%, dejando de lado la afectación de la sequía severa del 2012, su tendencia decreciente es constante. El promedio de producción de los últimos tres años en EU es 9.0% inferior a la producción del 2007. El economista (Nov-2014).

Con información del USDA, la producción mundial de maíz estimada para el ciclo 2014/2015 será de 990.32 millones TM, lo cual pudiera significar un incremento de 1.13 millones de toneladas o un 0.11% con respecto a la producción del ciclo inmediato anterior <http://www.produccionmundialmaiz.com/> Producción mundial de maíz (2014).

Datos generales sobre la producción mundial del maíz año 2013 Figura 2.1 señalan que los primeros siete países productores de maíz por volumen, son EUA, China Popular, Brasil, Unión Europea, Ucrania y México. Nuestro país aporta el 2%, de la producción mundial cuando por su cultura debería estar en mejor postura en cuanto a la producción de este grano.



Figura 2.1 porcentajes de producción de maíz a nivel mundial por país.

Como se observa en el Figura anterior Estados Unidos es el país con mayor producción a nivel mundial seguido de China, Brasil Unión Europea y Ucrania,

México obtiene el 6° lugar en producción mundial con el 2% de la producción total mundial.

Producción nacional del maíz

En México se practica la agricultura de maíz de dos formas importantes, en términos generales pueden señalarse las siembras de temporal y de riego con altos insumos, del total de los productores de maíz aproximadamente 90% tienen parcelas menores a cinco hectáreas y más del 80% utiliza semilla propia adaptada a una enorme diversidad de situación agroclimática (SAGARPA, 2007). Cabe mencionar que la superficie cosechada en los últimos años presenta variaciones muy notables, principalmente por cuestiones climatológicas relativas a eventos de sequía y heladas aniquiladoras, la superficie cosechada en 2007 y 2008 es muy similar el orden de 7.2 millones de ha, en 2009 se presentó una caída de 6.2 millones de ha, un repunte en 2010 a 7,1 millones de ha, y en 2011 una caída, la más drástica del quinquenio analizado, a 6.0 millones de ha (con datos de FIRA 2012,) reportado por Velázquez (2012).

La producción nacional en 2012 fue de 22 millones 069 mil 254.42 toneladas, de maíz blanco en el gráfico 2.2 se observa que Sinaloa está en primer lugar, con 17% de la producción nacional en segundo lugar Jalisco con 15%, Michoacán de Ocampo tiene el tercer lugar con el 8%, el estado de México se ubica en el cuarto lugar con 7% y Chiapas se posiciona en el quinto lugar con una producción estimada del 6%. Estos estados producen el 53% de

la producción nacional y el otro 47% lo producen los demás estados en conjunto. Información estimada de SAGARPA (2013).

En México es el principal cultivo, dada su importancia en la ingesta alimenticia diaria de la población. No obstante, de los más de 30 millones de toneladas que se consumen anualmente, sólo 21.5 millones son producidos nacionalmente. Es decir, somos deficitarios en cerca de 28.1% del consumo nacional aparente. El economista (Nov-2014).

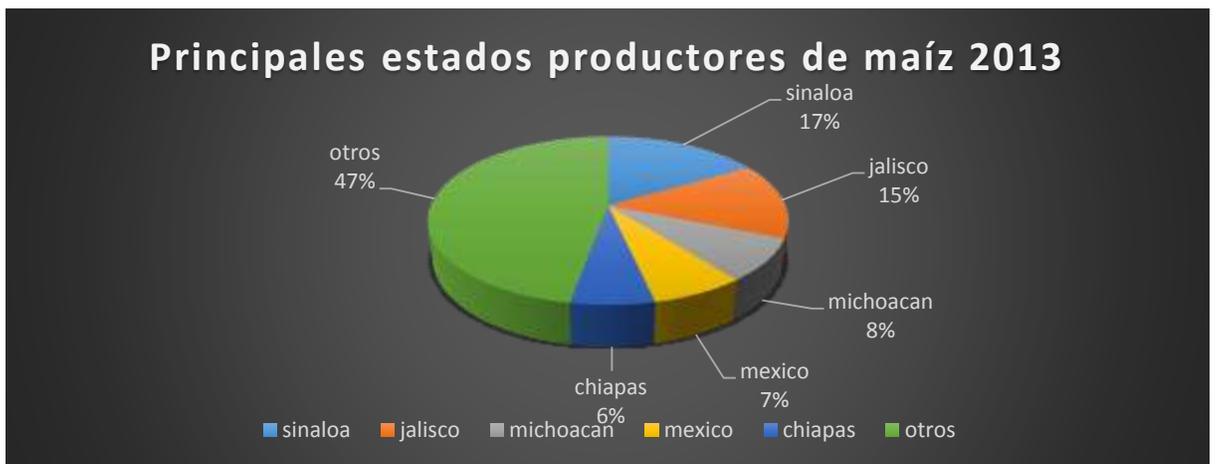


Figura 2.2 resumen nacional de producción de maíz en México, 2013.

Grafica hecha con datos de SIAP 2013

Clasificación del maíz moderno

Al inicio del siglo 20, muy poco se había investigado en relación a la diversidad de las variedades de maíz en el ámbito mundial, existe una

separación clara de las variedades con base en aspectos morfológicos y genéticos, Sturtevant, (1880,1899). Citado por Velázquez Prado.

Entre otras cosas, la enorme diversidad de climas en los que se cultiva el maíz, los sistemas de producción, la selección humana e intercambio de semillas, la multitud de usos y el sistema de reproducción que depende de la fecundación cruzada, han creado la diversidad que se conoce en la actualidad, la cual ofrece un gran número de dificultades para la clasificación. Las aproximadas 60 razas catalogadas en México están distribuidas a lo largo del país Kato *et al.* , (2009).

Con respecto al tipo de endospermo, Kuleshov (1933) menciona que el maíz del centro de México tiene una variación excepcional que no se encuentra en ningún otro lugar del mundo clasificó al maíz con base al tipo de endospermo en los siguientes grupos: Maíz dentado, maíz cristalino, maíz dulce, maíz harinoso, maíz reventador o palomero, maíz ceroso y maíz tunicado. Sánchez G.J.J (2011)

Cuadro 2.1 Variedades y usos del maíz.

Variedades y usos del maíz	
nombre de la variedad	usos
Maíz ceroso	Se utiliza en la elaboración de adhesivos y gomas
Maíz cristalino	Como alimento
Maíz dulce	Como alimento enlatado
Maíz dentado	Como alimento en la industria
Maíz palomero	Como alimento
Maíz semidentado	Como alimento para mejoramiento genético
Maíz truncado	Para mejoramiento genético del maíz general

Fuente: Centro de investigaciones para el mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)

Por lo general, en México se hace mención principalmente de dos variedades de maíz, blanco y amarillo o forrajero. El maíz blanco se produce exclusivamente para el consumo humano, en virtud de su alto contenido nutricional, en tanto que el maíz amarillo se destina al procesamiento industrial y a la alimentación animal.

Mejoramiento genético del maíz.

El mejoramiento genético de plantas es una de las hazañas más antiguas del hombre, que inició con la domesticación de las mismas bajo condiciones controladas y la selección de aquellas capaces de proporcionar una mejor fuente de alimentos esto marcó una de las fases más importantes en el progreso de la humanidad. Dicho mejoramiento fue fortuito y lento pero permaneció como un arte y no como una ciencia hasta principios del siglo XX, luego de que la explicación de los procesos de la herencia apareciera. El objetivo del fitomejoramiento ha sido el de incrementar producción, resistencia a plagas y enfermedades, y la adaptación a ambientes específicos, regiones y usos, mediante la selección de variedades cultivadas localmente, cruzadas entre sí o con las de otras áreas, o también con plantas silvestres que tengan los genes deseados. Gutiérrez *et, al.*, (2003).

Sin embargo para hacer mejoramiento debe de haber lo que es variabilidad genética ya que es el principal paso dentro del inicio del mejoramiento genético la cual permite la selección de variedades para diversos fines, sin variabilidad genética, no podrían actuar algunos de los mecanismos básicos del cambio evolutivo,

Understanding

evolution

<http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/>(2005), tales como mayor rendimiento, contenido de proteínas o aceites, tolerancia a factores bióticos o abióticos, entre otros. Brunner, (1995), citado por Velázquez Prado.

Dentro de las herramientas de mejoramiento genético disponibles para incrementar la diversidad genética, se mencionan como más importantes, la hibridación, la recombinación y la mutación, natural o inducida, Atak *et al.*, (2004).

Una parte de la diversidad genética se genera por mutaciones que pueden suceder en cualquier parte del ADN durante la replicación o alguna etapa del ciclo celular.

Understanding

evolution

<http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/> (2005).

Poliembrionía

La Poliembrionía, presente en varios tipos de angiospermas y gimnospermas, tiene como consecuencia principal la producción de plúmulas múltiples y ha sido considerada una característica de valor agronómico (Webber, 1940; Ross y Wilson, 1969; Pesev *et al.*, 1976; Bouquet, 1980; Nunez y Ocoy, 2008).

El fenómeno reproductivo conocido como Poliembrionía (PE) está documentado ampliamente en varias especies vegetales a partir de Webber (1940) y observado experimentalmente, de manera inducida, usando radiación x sobre granos de polen por primera vez en maíz por Morgan; Rappleye (1951).

La Poliembrionía (PE) en maíz (*Zea mays* L.) ha sido reportada como un fenómeno de herencia simple y recesiva (Kermicle, 1969; Pilu, 2000; Evans, 2007), pero también como de herencia cuantitativa (Castro, 1979., Espinoza *et al.*, 1998).

El caso más estudiado de PE es el gen mutante *ig1* (indeterminate gametophyte), de efectos pleiotrópicos, que puede generar Poliembrionía (6%), progenie monoploide (3 %) y casos de embriones en miniatura (>1 %) (Kermicle, 1969; 1971; Hallauer y Miranda, 1988; Evans, 2007).

Aplicaciones agronómicas de la PE en maíz, sin incluir la que pudiera causar el mutante *ig1*, ha sido informada en la formación de líneas endogámicas (Pesev *et al.*, 1976) y en la aplicación de selección recurrente para incrementar su frecuencia (Espinoza *et al.*, 1998).

Poliembrionía (PE) en maíces bajo estudio

Las poblaciones de interés PE que se han desarrollado en el Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (IMM de la UAAAN) presentan un comportamiento único y diferente al que exhibe la PE por efecto del gen *ig* (gametofito indeterminado, Kermicle (1969).

La condición gemelar o de Poliembrionía (PE) en semillas de maíz (*Zea mays*) es una característica natural que puede utilizarse como vía alterna en el diseño de estrategias genotécnicas, pues además del potencial de rendimiento

de grano se puede seleccionar por su valor nutritivo, cantidad de aceite y calidad de proteína (Espinoza *et al.*, 1998).

La manifestación del carácter puede originarse por genes de efectos mayores (naturaleza monogénica) o poligenes (naturaleza cuantitativa). En el primer tipo destaca el denominado gen *ig*, el cual en condición homocigótica recesiva genera semillas con embrión monoploide en 3 % de los casos y poliembrionía en 6 % (Hallauer y Miranda, 1988), o por un gen simple de herencia recesiva, no identificado, como lo señala Pilu (2000). Sin embargo, Pesev *et al.* (1976), Rodríguez y Castro, (1978; Com. personal) y Castro (1979; Com. personal) consideran que la herencia del carácter PE es cuantitativa; este último autor señala una heredabilidad de 65 %, por lo que prácticamente cualquier método de selección funcionará de manera eficiente para modificar la frecuencia del carácter en la población de interés. En el Cuadro 2.2 se observa el incremento de la Poliembrionía a través de los años.

Los resultados de selección en los maíces Poliembriónicos, denominados poblaciones UA-IMM-BAP y UA-IMM-NAP, generados en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN) en el periodo 1994-2005, indican una acumulación de 15 y 20 % de la característica PE, respectivamente (Espinoza y Vega, 2000; Com. personal), que representan ganancias por ciclo entre 1 y 2 % lo que de algún modo apoya la naturaleza cuantitativa del carácter. En éste, como en otros casos similares (Livini *et al.*, 1992; Weyhrich *et al.*, 1998), la aplicación de métodos de selección recurrente en familias S1 y hermanos completos (HC) es apropiada para mejorar variedades, al

incrementar la frecuencia de la Poliembrionía, mejorar la germinación y reducir la frecuencia de plantas anormales.

Cuadro 2.2. Frecuencias de Poliembrionía en maíz a través de los años observadas en poblaciones desarrolladas por el IMM-UAAAN.

Investigador	Año	Porcentaje	Procedimiento
Castro G., M.	1973	1.5	Frecuencia de plantas gemelas es progenie de tallos cuadrados.
Castro G., M.	1975	4	Promedio de progenie de cruza fraternales entre plantas normales tallo cuadrado, plantas gemelas y sus combinaciones.
Rodríguez y Castro	1978	11.4	Dos sintéticos integrados cada uno por las 10 familias de MH de mayor Poliembrionía.
Castro G.,M	1979	7.4	Sintético integrado por las 10 familias con menor Poliembrionía, polinizando N x N. Tercer ciclo de selección recurrente (fusión de los sintéticos aludidos en 1978, vía cruce doble criptica). Cuarto ciclo de selección a partir de las 13 mejores familias del ciclo anterior.
		19.6	
		33.3	
Rodríguez H.,S.A.	1981	44.4	Quinto ciclo de la selección recurrente entre familias de hermano carnales. Sexto ciclo.
		47.3	
Gómez G.,J.	1982	46.2	Séptimo ciclo. Segunda recombinación de familias seleccionadas del sexto ciclo. Sexto ciclo. Programa de selección recurrente de la población "doble embrión".
	1983	46.6	

Fuente (ESPINOZA, *et al* 1998).

El potencial de utilización de esta (PE) ha motivado el replanteamiento de los mecanismos de herencia que la controlan, pues en un principio fue considerada como de herencia cuantitativa Espinoza *et al.*, (1998) y con respuesta a la selección (Espinoza V J, datos propios no publicados), y ha sido imposible constituir una población totalmente Poliembriónica aun después de 20 ciclos de selección recurrente. En las poblaciones bajo observación, algunas familias

pueden exhibir frecuencias de hasta 80 %, pero la frecuencia promedio de población general es de 50 a 65 %; incluso, la aplicación de autofecundaciones sucesivas (S3) en varias líneas de las dos poblaciones exhiben una conducta variable en el monto de las frecuencias PE, con valores que oscilan de 45 a 85 % (datos propios no publicados).

El estado actual a (2012) la frecuencia del mutante (PE) en las poblaciones (NAP y BAP) generadas en el IMM-UAAAN se mantienen en porcentajes de 60 a 65 %, los cuales se consideran como proporciones altas. Por otra parte, las poblaciones de referencia (NBP y BBP) que están sometidas a selección reversa, han reducido sustancialmente la presencia de casos (PE) llegando a niveles inferiores de 3% Velázquez *et al* (2013). También se revisó la propuesta de tipo de herencia de la (PE) en estas poblaciones, llegándose a demostrar que esta (PE) está gobernada por un par de loci en interacción epistática recesiva duplicada, y con penetrancia incompleta Rebolloza *et al*, (2011).

En otro nivel de inspección relacionado con este tipo de (PE) se ha documentado que en las dos poblaciones (PE) existe una proporción de casos donde las cariopsis que germinan en dos o más plántulas presentan de 10 a 14 % de casos con radículas múltiples, es decir dos o más radículas por grano germinado Espinoza *et al.*, (2012).

Calidad nutrimental del maíz Poliembriónico.

Los granos de maíz común son fuente alimenticia para humanos y animales domésticos, y contienen en su mayor parte hidratos de carbono (74%), y en menor proporción, proteínas (9%), aceite comestible (3.4%) y uno por ciento de fibra Paliwal *et al.*, (2001). Análisis bromatológicos de los maíces comunes que llenan actualmente el mercado mundial de granos indican que los niveles de proteína cruda están en la banda de 7.5 a 8.4 por ciento, con bajo contenido de aminoácidos esenciales, especialmente de lisina y triptófano; el porcentaje de grasa está en el intervalo de 3.0 a 3.5; excepción hecha en los maíces altamente especializados, sea para calidad proteica o para alto contenido de aceite, cuyos valores son significativamente más altos que los anteriores Dale (1997).

Desde la mejora genética del maíz, se han desarrollado variedades especializadas tanto para calidad proteica (ricos en lisina y triptófano) como para alto contenido de aceite (de 6 a 9% de grasa cruda), las cuales están en proceso de adopción por los agricultores y usuarios; en México, los maíces de alta calidad proteica (conocidos como QPM, por su denominación en lengua inglesa: Quality Protein Maize) se han venido promoviendo durante los últimos seis años con éxito limitado todavía; los maíces de alto contenido en aceite (conocidos como HOC: High Oil Corn) no ingresan al mercado nacional de semillas por su origen transgénico, así como las variantes en el manejo especializado para su producción.

En el caso particular de los maíces (PE) generados por el IMM-UAAAN se han observado una serie de datos que señalan la influencia de este mutante en los contenidos de aceites y los aminoácidos lisina y triptófano. El planteamiento central es que si una alta proporción de cariopsis en esas poblaciones son de naturaleza (PE) los granos contendrán dos o más embriones y por lo tanto, mayor contenido de aceite y proteína embrionaria, a más de los contenidos en el resto del grano. Entonces a medida que se incrementa la frecuencia de PE, se aumentan los contenidos de grasa cruda (GC), pasando de 5 a 6 %, la proporción de GC en el maíz común utilizado como testigo fue de 4.5 a 5 % Espinoza *et al.*, (2003). Una medida adicional fue la relativa a contenidos de los ácidos grasos oleico (OL) y linoleico (LN) en estos grupos de frecuencia (PE) diferente, concluyendo que al igual del cambio en GC, la proporción de OL y LN se incrementó en 35 a 40 % en los grupos de mayor (PE) Valdéz, (2005).

El grano de los híbridos de maíz generados en los últimos años contienen alrededor de 4% de aceite, de 8.3 a 11.3% proteína, de 69.1 a 86.0% almidón, lípidos varían entre 4.0 y 7.0% y cenizas entre 1.1 y 1.7% (Méndez *et al.*, 2005; Paliwal *et al.*, 2001).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio.

El presente trabajo se estableció en el invernadero número 3 localizado en la zona de invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. El invernadero está orientado de S-N tiene una dimensión de 9 ancho x 32 largo x 4 alto y cuenta con una cubierta de polietileno, a sus lados malla anti-áfidos, cortinas plegables, pared o cortina húmeda y dos abanicos extractores para el sistema de enfriamiento, termómetro para identificar temperaturas máximas y mínimas. El riego al interior es manual, vía regadera.

Las coordenadas del sitio son 25° 21´ 08.53´´ N y 101° 02´58.19´´W con una altitud de 1788 msnm (Google Earth, consultado en la fecha: 19 de septiembre, 2014).

Material genético.

El germoplasma utilizado incluye una muestra aleatoria de 288 semillas de una población de maíz con dos características centrales, porte altura normal y alta frecuencia Poliembriónica, denominada como: UA-IMM-NAP, generada en el Instituto Mexicano del Maíz “D. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Los testigos fueron muestras de semillas de dos híbridos comerciales de maíz (en uso ampliamente en México de PIONEER (P3055W) y DEKALF-MONSANTO (DK2061) y una muestra aleatoria de la población TUXPEÑO-HOC.

Materiales de cuantificación e identificación.

- ✓ Bascula (marca OHAUS electrónica número de serie Oh23851, capacidad 250 mg)
- ✓ Cribas, suelo y peat moss.
- ✓ Caja de germinación, de 200 cavidades, con dimensiones 67 x 34 x 7 cm.
- ✓ Macetas de material plástico, 1.8 litros de capacidad, usados previamente como envase de leche.
- ✓ Macetas de polietileno negro, capacidad 16 litros.
- ✓ Termómetro Regla, plumones, cuchillas (exacto), cámara.

Cuadro 3.1 Descripción de los genotipos utilizados en el experimento

Genotipo	Identificación	Genealogía	N° Semillas
Grupo poliembriónico (PEm)	C	Población NAP	288
DK2061	W1	Hibrido	176
P3055W	W2	Hibrido	176
Tuxpeño-HOC	W3	Variedad	176

Tuxpeño-HOC, población de maíz de alto contenido de aceite, muestra original otorgada por CIMMYT. DK2061, híbrido comercializado por la empresa Monsanto. P3055W, híbrido comercializado por la empresa Pioneer. Genotipo de referencia (C o NAP) cuya denominación en extenso es UA-IMM-NAP, población de altura normal, altamente Poliembriónica, generada por el IMM-UAAAN.

Establecimiento de los materiales en el invernadero.

El sustrato utilizado para la siembra, fue suelo de bosque y peat moss, mezclados en una proporción de 60-40.

Se utilizaron como macetas, botes de leche reciclados de una capacidad de 1.8 L, despuntados por corte transversal, y perforados en dos puntos basales con el propósito de facilitar el drenaje de agua y evitar de esta forma algún problema de enfermedad por exceso de humedad.



El tipo de macetas descritas arriba fueron las utilizadas en los tratamientos de 5, 10, 15 y 20 días. A partir del tratamiento 25 días, se utilizaron macetas de polietileno con una capacidad de 18 (L), a las cuales se les hicieron 4 agujeros en la parte inferior para tener un mejor

drenaje, y evitar problemas de enfermedades o pudriciones.

Ambos tipos de macetas se acomodaron aleatoriamente y de una manera manejable, quedando establecido en el lado derecho del invernadero.

Con la finalidad de determinar el valor medio y desviación estándar del peso de las semillas de la población NAP, se tomaron cinco muestras aleatorias de 100 semillas, con y sin reemplazo. La preparación de semilla para siembra incluyó la determinación del peso unitario por semilla, tanto para la población NAP (440 semillas), como para los tres testigos PIONEER (P3055W), DEKALB-MONSANTO (DK2061) y TUXPEÑO-HOC (264 semillas por testigo).

La siembra de los ocho tratamientos (número de días acumulados para evaluación de plántula y planta joven) se llevó a cabo utilizando de manera consecutiva a las semillas previamente pesadas, con 20 semillas por repetición para NAP en cada uno de los tratamientos 5, 10, 15 y 20 días, y de 16 semillas (NAP) por repetición en los tratamientos de 25, 30, 35 y 40 días. Para los testigos se utilizaron también las semillas previamente pesadas de cada material en números de 20 y 12 semillas para los dos grupos de tratamientos, por repetición.



La siembra de todo el material genético se realizó en una sola fecha, la forma en la que se sembró, fue la siguiente: utilizando una 1 semilla por cavidad en charolas de germinación para la



evaluación a los primeros 5 días, una semilla por bote, a 2 cm de profundidad aproximadamente para la evaluación a los 10, 15 y 20 días, cuatro semilla por maceta, dispuestas debidamente espaciadas, a 2 cm de profundidad, para la evaluación a los 25, 30. Finalmente, se dispusieron tres semillas por maceta para la evaluación 35 y 40 días.

La siembra se realizó el día 14/03/2014. Con riegos manuales con regadera cada tercer día, desde la siembra hasta los 40 días de evaluación, no hubo control químico de malezas ni fertilización. Se llevó un registro de temperaturas máximas y mínimas del invernadero.

Diseño experimental y análisis estadístico.

El establecimiento experimental de los genotipos se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar con 2 repeticiones y 8 tratamientos.

Los datos se analizaron a través de un análisis de varianza correspondiente al diseño para determinar diferencias estadísticas entre genotipos para las diferentes variables de estudio. También se aplicó la prueba de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$). Cuando procedió se aplicó un análisis de regresión para interpretar con más claridad el efecto de fechas de evaluación de plántula/planta joven (variable independiente) sobre las diversas variables de estudio (variables dependientes).

Modelo estadístico correspondiente al diseño completamente al azar (Steel y Torrie 1999).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable observada en la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento; μ = efecto de la media general; T_i = efecto del i -ésimo tratamiento; y E_{ij} = efecto del ij -ésimo error experimental.

Los análisis de varianza, pruebas de medias y análisis de regresión fueron realizados con el paquete S.A.S 9.1.

Variables de estudio.

1. Características de interés general.



Figura 3.1 aspecto general de una plántula Poliembriónica.

Porcentaje de germinación (PG); número de semillas que hayan producido plántula, aun aquellos casos con apariencia de anormales, expresada en por ciento.

Por ciento de plántulas Poliembriónicas (PPE); la proporción de casos con dos o más plúmulas de conformación normal aparente, referida al total de granos germinados, expresado en porcentaje.

Por ciento de Plántulas Anormales (PA); proporción de casos que presentan deficiencias en el desarrollo de sus estructuras esenciales, defectos que limitan crecimiento y desarrollo de la(s) plúmula(s).

2.- Características anatómicas de las plántulas.

La medición de estas variables se tomó una vez que se registraron los datos de las variables descritas en el punto 1. Respecto a cada tratamiento en los genotipos referentes a NAP y testigos, de los cuales se evaluaron todas las plantas germinadas por repetición, sin excepción.

Número de coleóptilos (NC); cantidad de estructuras coleoptilares, que son el tejido especializado que envuelve a la primera hoja y auxilia la emergencia de la plántula sobre el suelo; en casos de plántulas que expresan la PEm, esta estructura puede aparecer en número variable, de dos o más, asociado de algún modo al número de plántulas emergidas por semilla.

Numero de mesocotilos (NM); es una estructura tubular, de color blanco y semejante a un tallo, y se localiza entre el cuello de la plántula y el escutelo y el remanente de la semilla después de la germinación.

Número de radícula(s) (NR), conteo del número de dos o más radículas, las cuales pueden presentarse en casos de plántulas con dos o más tallos en los

genotipos de NAP. En los testigos, prototipos de maíz común, la radícula es siempre una.

Número de raíces seminales (NRS); son las raíces que aparecen un poco después que emerge la radícula, y se originan de la región que ocupa el escutelo, inmediatamente abajo del origen del mesocotilo. La radícula y raíces seminales constituyen el sistema radical seminal (SRS), el cual sirve principalmente para la emergencia y establecimiento en primeras etapas de desarrollo de la plántula.

Número de raíces de corona (NRC); Estas raíces se forman a partir del primer nudo (nudo coleoptilar) y de los nudos subsecuentes del tallo, en la corona de la plántula, y aparecen después del SRS, en la etapa de 2 a 3 hojas completas, y se constituyen en el sistema raíz definitivo de la planta, sustituyendo paulatinamente al SRS en la función de anclaje y transporte de agua y minerales solubles al sistema vascular xilema de la planta.

Número de hojas verdaderas (NH); es la cantidad de hojas completamente desarrolladas que presenta la plántula; el dato incluye solamente laminas foliares cuya base tiene después de la vaina, la señal denominada (collar), que señala el desarrollo de hoja completa.

Longitudes de radícula (LR); medida de la extensión de este órgano desde el escutelo hasta la punta de la radícula, registrada en centímetros

Longitud de tallo (LT); medida en centímetros de la parte aérea (verde) desde el cuello de la plántula (región nodular) hasta el cogollo, sin tomar en

cuenta la punta de las hojas en desarrollo que se aprecian en el ápice de crecimiento.

Peso fresco y seco del sistema Radical Seminal (PRS); medida en gramos (y en miligramos cuando peso seco) de las tres estructuras raíz (radícula, raíces laterales y de corona) las cuales se desprenden del resto de las plántulas.

Peso fresco y seco de tallo (PT); medida en gramos de la estructura aérea fotosintética que se desprende al separar de las plántulas las estructuras raíz.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación se basa en el comportamiento de las variables de interés general, relacionadas a la Poliembrionía en maíz (PEm) y variables métricas cuantitativas, en las cuales se aborda la medición, cuantificación y caracterización anatómica de las plántulas.

1.- Variables de interés general (PG, PPE, PA)

Los resultados de esta investigación se basan las diferencias entre cuatro genotipos de maíz, denominados como (C) población “IMM-UA-NAP”, testigos T1, T2 y T3, los cuales son prototipos del maíz común, no-Poliembriónicos, (Dekalb-Monsanto, DK2061, Pioneer, P3055W, y una muestra aleatoria de la población Tuxpeño-HOC, T3, alto contenido de aceite en grano. Este apartado expresa resultados de las variables porcentaje de germinación (PG), porcentaje de anomalía (PA) y porcentaje de Poliembrionía (PPEm), fenómeno que presentan las plantas al germinar en dos o más tallos, característica que acompaña la formación de múltiples estructuras anatómicas Figura 4.1. Las variables en forma general, describen el comportamiento y potencial genético de cada genotipo.



Figura 4.1. Planta joven Poliembriónica.

Los genotipos antes mencionados mostraron los siguientes porcentajes en cuanto a (PG), (PPE) y (PA), durante los 8 tratamientos, (cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Valores promedio de las variables generales, a través de tratamientos, diferentes genotipos.

Genotipo Variable	C			T1			T2			T3		
	PG	PPE	PA	PG	PPE	PA	PG	PPE	PA	PG	PPE	PA
TRATAMIENTO												
5d	70	sd	nd	92	nd	nd	46	nd	nd	79	nd	nd
10d	83	55	24	88	0	19	71	0	28	96	0	13
15d	98	62	10	83	0	10	71	0	30	84	0	11
20d	95	82	11	92	0	14	59	0	13	100	0	17
25d	85	67	3	90	0	0	65	0	0	80	0	0
30d	91	66	10	100	0	0	65	0	7	95	0	0
35d	88	68	0	95	0	0	70	0	0	100	0	0
40d	91	72	0	100	0	0	65	0	0	75	0	0

PG = porciento de germinación, PA= porciento de anormalidad, PPEm= porciento de Poliembriónia.

Los materiales genéticos observados en esta sección fueron identificados tal como se enlistan en el cuadro anterior donde los genotipos T1, T3 y C indicaron los porcentajes de germinación (PG) superiores a 85%, valor porcentual comercial garantizado de las semillas envasadas. Los resultados indican que el genotipo (C) tiene un porcentaje de germinación aceptable dentro

de lo establecido comercialmente, los porcentajes de germinación son similares a los expresados en el trabajo realizado por Velázquez, (2013). Puede apreciarse sin dificultad que el genotipo T2 mostró una baja germinación durante los 8 tratamientos, el fenómeno de baja germinación se desconoce, pero puede suponerse que la semilla sea rezagada o que el genotipo sea sensible a bajas temperaturas, ya que tres días al inicio del experimento las temperaturas reportadas fueron menores a 10°C. El problema detectado de baja germinación en este genotipo marcó la pauta para descartarlo como testigo.

Los promedios generales a través de los ocho tratamientos (de 5d a 40d, evaluaciones cada cinco días) para las variables (PG) y (PA) son, en términos generales, de 90 y 7 % respectivamente, los cuales reflejan un comportamiento de tipo normal en el comportamiento de estas variables. Las anomalías fueron dominadas por el genotipo (C), causada por la naturaleza Poliembriónica de la población Espinoza *et al.*, (2008). Las características de plántulas anormales (PA), el genotipo NAP indicó porcentaje de anomalía en cinco de los siete tratamientos donde fue posible evaluarle, mientras que los genotipos T1 y T3 mostraron este defecto en sólo tres de los tratamientos, y presentaron menores porcentajes que la población NAP, la cual, al generar 2 o más tallos, parece tener más probabilidades de presentar anomalías. El criterio utilizado para señalar anomalías fue la presencia de plántulas emergidas con deformidades, raquílicas o delgadas, de forma tal que no prosperarían en campo abierto.

El porcentaje de Poliembrionía (PPEm) sólo se observó en el genotipo NAP ya que, como se esperaba, los testigos no presentan el fenómeno dada su naturaleza libre del mutante (PEm). En este sentido, si se sigue el patrón de herencia propuesto por Espinoza *et al.*, (2008). Quienes mencionan que la población NAP, al igual que otra población de alta frecuencia de Poliembrionía, denominada BAP (no abordada en esta tesis), presenta un porcentaje de 55 a 65 % en la manifestación de (PEm), donde el fenómeno es expresado en proporciones de dieciseisavos, en este contexto, la Ho: a establecer para corroborar el porcentaje de Poliembrionía es 6/16 plantas individuales: 10/16 de plantas tipo (PEm).

El método estadístico utilizado que prueba la segregación de la (PEm) en los diversos genotipos fue de Ji cuadrada del tipo “bondad de ajuste” (Goodness of fit) con excepción para los genotipos testigo, que no requieren prueba alguna ya que son maíces normales totalmente alejados del fenómeno de (PEm) (Cuadro 4.2).

La aplicación del método para probar la Ho: de 6/16:10/16 (Normales: PEm) resultó en que no se rechazó la hipótesis para dichos experimentos, a excepción del el tratamiento 20d, que mostró un valor de 6.7 para X^2 . Debe aclararse que el rechazo de la Ho: no se debe a la carencia del monto (PEm) esperado, sino por el contrario, el valor observado fue más alto, como suele ocurrir en algunas familias que forman la población NAP (comunicación personal en septiembre de 2014, por el Dr. José Espinoza Velázquez, responsable del proyecto de maíces Poliembrionicos en la UAAAN,). De este

modo, puede establecerse que la (PEm) observada en los experimentos es acorde al fenómeno en la población NAP. Es obvio que la prueba de X^2 sólo se aplicó a las progenies de NAP en todos los experimentos, ya la naturaleza normal de los testigos con respecto a este fenómeno, presentaron cero (PEm) (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2 valores de X^2 calculada y los tamaños de muestra.

Variable Experimento	N	Normal	PEm	X^2 Calculada
10d	33	12	21	0.0013
15d	39	14	25	0.0834
20d	38	6	32	6.7
25d	27	9	18	0.0397
30d	29	9	20	0.329
35d	28	9	19	0.0388
40d	29	8	21	0.915

Hipótesis de 6:10 en PEm, con un gl en todos los experimentos. Dado que $N \leq 50$ se aplicó la corrección de Yates. Experimento= tratamientos, N=muestra de datos, Normal=plantas anormales, PEm=plantas Poliembriónica, X^2 = valor de χ^2 . EL VALOR CRÍTICO ($p < 0.05$) DE X^2 PARA UN GRADO DE LIBERTAD = 3.84.

2. Variables asociadas a la Poliembriónía.

Las variables morfológicas que pueden presentarse en manifestación duplicada o múltiple asociadas a la Poliembriónía son: radícula, coleoptilo y mesocotilo. En términos generales, la frecuencia general de la Poliembriónía en la población NAP, a través de experimentos fue 67%, en concordancia con el criterio fijado en la H_0 : (Cuadro 4.3)

Cuadro 4.3 Variables asociadas con la Poliembriónía en genotipo C

Tratamiento	5d	10d	15d	20d	25d	30d	35d	40d	Promedio (%)
Variable									
PEm%	sd	55	62	82	67	66	68	72	67.4
NR%	7	0	7	13	0	3	7	7	6.37
NC%	sd	24	18	0	11	69	50	sd	21.17
NM%	sd	26	23	26	0	10	14	41	20.0

PEm%= porcentaje de Poliembriónía, NR% = número de radículas, NC% = número de coleoptilo, NM% = número de mesocotilo, sd= sin dato.

Como puede observarse en cuadro 4.2, algunos resultados discrepan en buena medida con el promedio general, ya que los valores extremos en la serie de experimentos fueron de 55% como mínimo, y de 82% como máximo. Este rango que existe entre ambos porcentajes se explica por qué la semilla utilizada en el experimento se tomaron de un compuesto balanceado de familias, donde existen familias que tienen un porcentaje de Poliembriónía superior al 80% como también se tienen algunas familias con un porcentaje Poliembriónico de 50%, familias generadas en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro el fenómeno de Poliembriónía en general tiene una expresión de 55% a 65% (Espinoza *et al.*, 2008; Rebolloza *et al.*, 2011).

La (PEm) parece estar asociado a otras alteraciones morfológicas en el proceso de germinación, como lo son radículas coleoptilos y mesocotilos, Espinoza *et al.*, (2012). Con respecto a la frecuencia de radículas múltiples (RM), en este experimento se observaron porcentajes entre el 3% y el 13% del total de la muestra de plantas germinadas que presentaron estructura de doble radícula, valores semejantes a los señalados por Espinoza *et al.* (2012), pero

que difieren con lo registrado por Meraz., (2014), quien estima para esta variable valores inferiores a 1 %. La característica de (RM) pudiera ser benéfica al establecimiento de plántulas, ya que puede propiciar una mayor absorción y búsqueda de nutrientes. Otra estructura relacionada con el fenómeno también es el de doble mesocotilo parte anatómica que también se relaciona con una mayor necesidad del flujo de los nutrientes del sistema radical a la parte aérea, al presentar la planta una doble estructura aérea (tallo) puede generar un doble coleoptilo de mayor grosor que permite una más fácil emergencia a los primordios apicales. En general, las frecuencias de mesocotilos y coleoptilos múltiples fueron ligeramente superiores a 20 %.

3.- Variables métricas.

En este apartado se analizan y concluyen los resultados de las variables de naturaleza cuantitativas, las cuales muestran comportamiento ascendente con relación al tiempo que se maneja como tratamiento. La población NAP es el genotipo de interés donde el desarrollo anatómico es evaluado y comparado con los testigos, los resultados obtenidos expresan que NAP es al menos igual de competitiva para algunas variables que los testigos en los primeros tratamientos, y partir del 25d supera con un mejor desarrollo en algunos casos a los testigos, fenómeno que fue uno de los objetivos de este trabajo. Las estructuras en comparación entre genotipos son: radícula y las raíces seminales, así como el inicio de las raíces de corona, las cuales constituirán el sistema radical definitivo de la planta Ritchie *et al.*, (1982) número de hojas, longitud de radícula y tallo, El segundo grupo de variables se refiere al peso

fresco raíz y de tallo también al peso seco de los mismos y/o la acumulación de materia seca. La imagen de maíz Poliembriónico se ilustra en la Figura 4.2. Los valores promedio a través de experimentos y su desviación estándar se presentan en los Cuadros 4.4 A y 4.4 B.



Figura 4.2 planta Poliembriónica.

Cuadro 4.4 A. Valores promedio de variables métricas a través de experimentos.

Variable	PIS	NRS	NRC	NH	LR	LT
Experimento						
5d	0.33±0.02	sd	sd	sd	1.9±0.20	sd
10d	0.32±0.01	3.70±0.58	0.67±0.27	0.78±0.14	18.8±0.70	4.5±0.34
15d	0.33±0.02	3.18±0.43	4.3±0.36	2.1±0.25	31.9±1.42	8.6±0.67
20d	0.32±0.01	3.76±0.47	7.2±0.46	2.5±0.23	40.8±2.65	12.9±1.82
25d	0.33±0.02	3.64±0.26	9.4±1.14	3.7±0.30	65.9±3.89	23.1±1.68
30d	0.32±0.02	3.44±0.41	10.5±1.30	4.04±0.40	74.8±1.73	26.8±2.71
35d	0.32±0.02	3.14±0.11	13.5±0.97	4.9±0.30	84.4±2.48	32.7±1.60
40d	0.32±0.01	4.29±0.35	17.3±0.77	6.3±0.23	102±6.28	43.7±2.46

PIS = Peso inicial de la semilla. NRS= Número de raíces seminales. NRC=Número de raíces de corona. NH=Número de hojas. LM= Longitud de mesocotilo. LRA = Longitud de la radícula. LT =Longitud del tallo.

Cuadro 4.4 B.....Continuación del Cuadro 4.4 A. Valores promedio de variables métricas a través de experimentos.

Variable	PFR	PFT	PSR	PST	PST/PFT	PSR/PFR
Experimento						
5d	sd	sd	sd	sd	sd	sd
10d	1.13±0.06	0.539±0.09	0.211±0.01	0.043±0.001	8	18.6
15d	1.90±0.08	1.73±0.13	0.208±0.01	0.185±0.02	10.6	10.9
20d	3.94±0.32	3.81±0.53	0.340±0.01	0.400±0.03	10.4	8.6
25d	6.79±0.75	14.60±2.2	0.477±0.05	1.42±0.11	9.7	7
30d	9.49±2.51	20.3±2.5	0.851±0.16	2.18±0.28	10.7	8.9
35d	27.34±2.4	43.9±6.5	2.17±0.03	7.31±0.7	16.6	7.9
40d	49.90±2.91	112.3±6.5	3.27±0.22	9.27±0.59	8.2	6.5

PFR= Peso fresco raíz. PFT=Peso fresco tallo. PSR= Peso seco raíz.PST= Peso seco tallo. PSR/PFR=Acumulación de materia seca raíz. PST/PFT=Acumulación de materia seca tallo.

Los análisis de las variables métrico cuantitativas expresan el comportamiento de las variables con respecto al tiempo, esto es que por cada día que pasa se tiene un desarrollo porcentual en cada una de las estructuras anatómico-morfológicas de los genotipos bajo estudio.

Los resultados ilustran que los valores para peso inicial de semilla (PIS) y número de raíces seminales (NRS) se manifestaron de manera invariante, ya que no expresan incrementos en ninguno de los tratamientos. La variable (PIS) tuvo un promedio entre 0.33 y 0.32 (g) en todas las muestras tomadas para los 8 tratamientos Figura 4.3, y Figura 4.4.1, mientras que (NRS) estuvo oscilando entre 3 y 4 raíces.

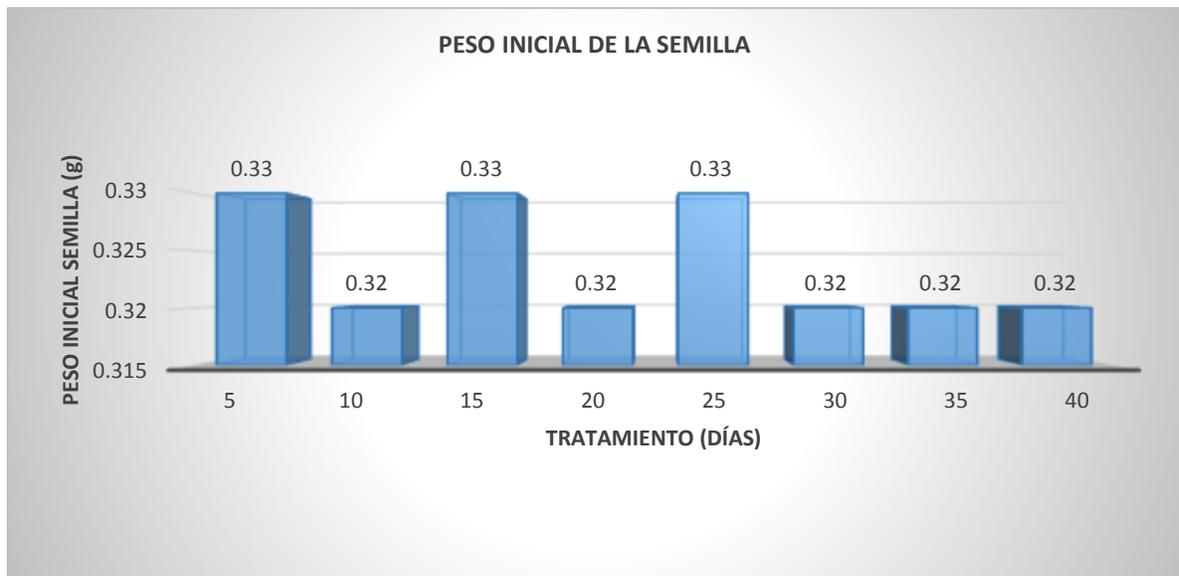


Figura 4.3 Valores promedio del (PIS), muestra aleatoria por experimento.

Se observan que en lo general la totalidad de las semillas provenientes de los 4 genotipos mostraron el mismo peso inicial con lo que se afirma que las semillas tiene prácticamente el mismo reservorio nutricional, el Figura 4.3 indicó un tamaño estándar o estable, lo que se observa que para iniciar el desarrollo de las plantas y sus estructuras anatómicas, las semillas tiene la misma capacidad y/o reserva nutricional. Sin embargo, conviene mencionar que NAP cuenta con un mayor valor nutricional en aceites y proteína crudas, tiene una relación oleico, linoleico 1:1 que le da la condición gemelar (PE) mientras que los testigos No-PE presentan una condición desigual en contra del oleico, Valdez, (2005). Por lo tanto, las semillas NAP, están acompañadas de una mayor calidad en grano lo que le da la capacidad de generar más de una tallo, contando de manera aparente con el mismo reservorio nutricional.

El experimento muestra un comportamiento estable respecto al número de raíces seminales durante los 40 días de evaluación Figura 4.4.



Figura 4.4 Comportamiento del NRS a través de experimentos

Las raíces seminales, junto con una raíz primaria o radícula, son las que proporcionan los primeros suministros de agua y sales solubles al proceso de germinación y las primeras etapas de la plántula Hochholdinger *et al.*, (2004), estas raíces de origen seminal se manifiestan inmediatamente después de que emerge la radícula, los dos tipos de raíz se desarrollan, manifestando raíces laterales, crecimiento secundario, terciario, etc. y pelos radiculares. El crecimiento de esas raíces disminuye después que la plúmula emerge por encima de la superficie del suelo y virtualmente se detiene completamente su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula indicó Paliwal, *et al.*, (2001),

aunque hay evidencias de que la funcionalidad de este sistema radical seminal permanece hasta las primeras etapas de la reproducción de las plantas de maíz Ritchie *et al.*, (1992). Las plantas evaluadas en este experimento mostraron resultados similares, expresaron un detenimiento en el incremento en el número de raíces seminales.

Las variables de número como lo son (NRC, NH), cuyos valores promedio pueden observarse en el Cuadro 4.4 A, mostraron un ascenso en desarrollo de raíces y hojas con el paso de los días (tratamientos, manejado como la variable independiente) lo cual afecta directamente a (NRC y NH), consideradas aquí como variables dependientes. El transcurso del tiempo propició un incremento en número, el análisis de regresión expresa que la variable (NRC) genera aproximadamente 0.5 raíces de corona por día Figura 4.5.



Figura 4.5 Comportamiento ascendente del número de raíces de corona.

El sistema de raíces nodulares o de corona se inicia en la etapa VE, donde el primer conjunto de raíces aparece del nudo coleoptilar, y procede a elongarse

durante V1. A partir de aquí, estas raíces crecen en número y desarrollo a lo largo de las etapas V1 a R3. Después es un poco limitado el incremento de raíces nodulares, estas pueden progresar y/o aparecer en el tallo fuera del suelo entre los nudos 7 y 10, Ritchie *et al.*, (1982).

Las primeras raíces de corona y/o adventicias inician su desarrollo a partir del primer nudo en el extremo superior del mesocotilo Figuras 4.4.4 A y B experimento 15d. Esto ocurre por lo general a una profundidad uniforme, sin relación con la profundidad a que fue colocada la semilla. Un grupo de estas raíces se desarrolla a partir de cada nudo sucesivo hasta llegar a entre siete y diez nudos raíces que sustituyen al sistema radical seminal, Paliwal *et al.*, (2001). En el grafico anterior los resultados indicaron que existe un incremento de raíces de corona por unidad de tiempo (día), lo mencionado por Ritchie *et al.*, (1982), y Paliwal *et al.*, (2001) se comprueba en este trabajo de tesis; El incremento radicular que expresan los genotipos y su desplace cuando las raíces nodulares dominan la función raíz, sustituyendo a las raíces seminales, ocurre claramente a partir del tratamiento 25d.

La valoración de la parte aérea de las plántulas se midió a través del desarrollo de hojas y tallo. Las hojas en una planta de maíz Figuras 4.4.5 A y B, experimento 20d, son contables a partir de que expresan el collar que es un nudo donde separa la hoja de la vaina que envuelve al tallo Ritchie *et al.*, (1982). Los resultados expresados en los experimentos para la variable número de hojas (NH) indican un incremento mayor entre los tratamientos (25d,30d y 35d) es en esta etapa donde se expresa un funcionamiento de la maquinaria

responsable de generar fotosíntesis y sus fotosintátos, ya que se observa un mayor número de hojas como se mencionó antes; (NH) tiene un incremento progresivo, por cada día que pasa a lo largo de tratamientos, se genera, en general, 0.2 hojas por día Figura 4.6



Figura 4.6 Comportamiento ascendente del número de hojas

Las variables (LT y LRA), se registraron en centímetros, y la medición para (LT) parte del primer nudo superficial visible (cuello o nudo vital de la planta) hasta la parte superior del cogollo Figuras 4.4.5 A y B experimento 20d, para cada uno de los genotipos. En el caso de la (LR), la medida se tomó del cuello y hasta la punta distal de la radícula para cada genotipo. A medida que progresan los días experimentales, los resultados de los valores indicaron un orden ascendente reflejando claramente el efecto de crecimiento. La variable

independiente (días experimentales) explica el comportamiento de la variable dependiente (longitud) en un 98 y 99% respectivamente. Indicando que por cada día que pasa, el tallo crece 1.2 cm, Figura 4.7. La máxima altura de plántula a través de genotipos, es decir, el promedio general en el experimento a los 40 días, fue de 43.71cm. Si se observan los resultados en este trabajo de tesis en el tratamiento 25d, el tallo tiene en promedio general de 23 cm, resultados obtenidos notablemente superior al reportado por Pliego., (2014) en un grupo de genotipos segregantes de (PEm) derivados de NAP, quien expresó que a los 28 días de edad, la altura de tallo en promedio fue 15cm.

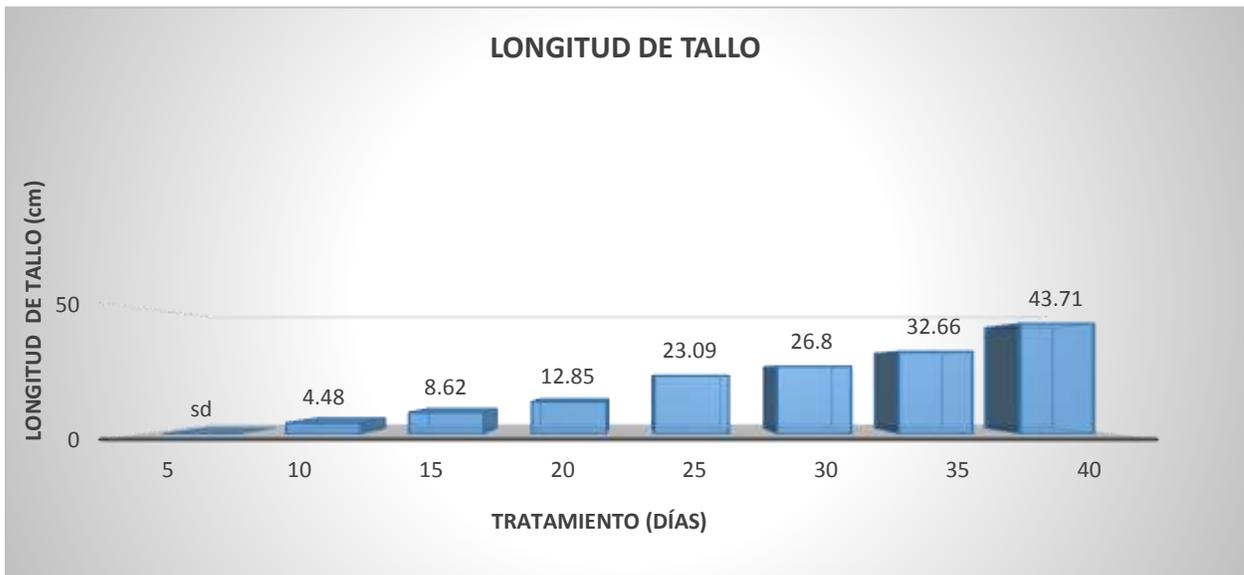


Figura 4.7 comportamiento ascendente del tallo (cm).

Por otra parte, la radícula tiene un crecimiento de 2.8 cm por unidad de tiempo (día). Estas variables, al igual que las variables de número, también

expresan un punto de mayor desarrollo al normal, lo cual se aprecia al pasar del tratamiento 20d al 25d, este se debe probablemente al efecto mismo de que la planta, una vez agotada la reserva del grano inicia uso amplio de la fotosíntesis como principal proveedor de energía (fotosintatos), útiles para el buen desarrollo de las plantas juveniles, Figuras en apartado 4 expresión fenotípica de plántulas PE y No-PE, expresado a través de los ocho tratamientos.

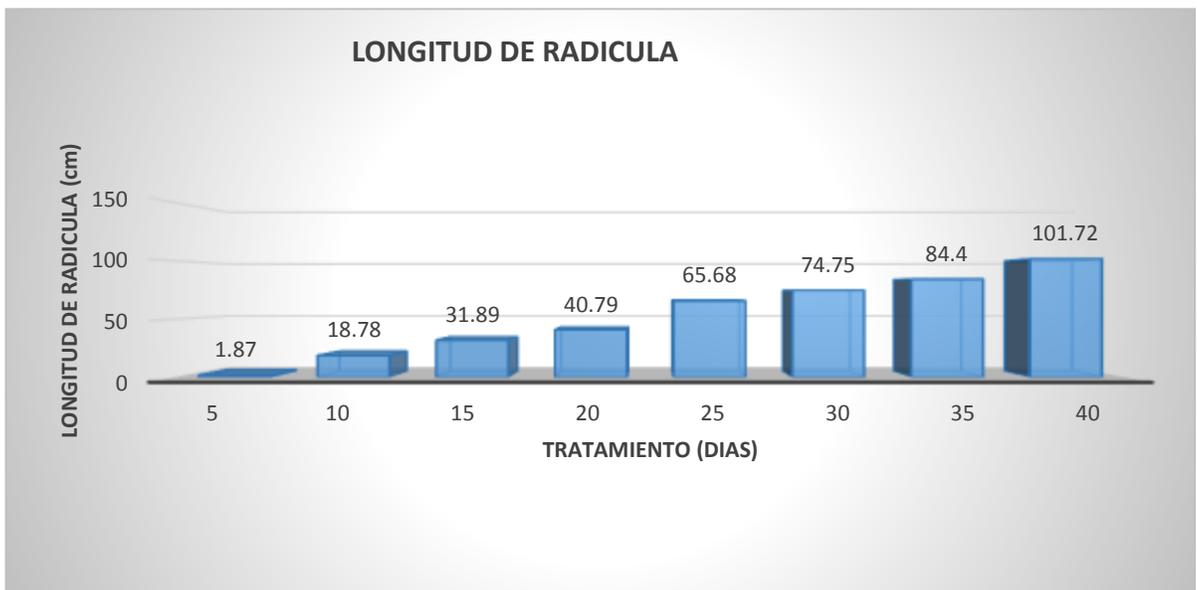


Figura 4.8 comportamiento ascendente de la radícula (cm).

En las variables relativas a peso, se tomaron por orden separado, primero peso fresco de tallo (PFT), después peso fresco de estructuras del sistema radical (SRS) o de raíz (PFR). De la misma manera, por separado se obtuvieron los pesos secos de tallo y raíz. El comportamiento de las variables de peso fresco fue en orden ascendente respecto a los tratamientos. Algo similar se

observó en las variables de peso seco en raíz y tallo. De la misma manera que en variables anteriores, estas variables muestra una discrepancia mayor de desarrollo en el tratamiento 25d al 30d Figuras 4.4.6 A y B experimento 25d punto importante donde se observa el comienzo de utilización de fotosintatos.

Es importante subrayar que existe en estas variables la expresión de otro punto discrepante, localizado del tratamiento 35d al 40d Figuras 4.4.9 A y B experimento 40d donde puede apreciarse que cuando las plantas incrementan el sistema radical y foliar, inicia el desarrollo completo de la planta ya que ésta empieza a generar mayor área foliar, mayor grosor de tallo e inician la manifestación de las estructuras reproductivas, y con esto una mayor absorción de agua y desarrollo completo de la planta. En este contexto, es razonable proponer que esto hace que la planta, al expandir sus estructuras anatómicas, genera mayor peso. Figura 4.9.

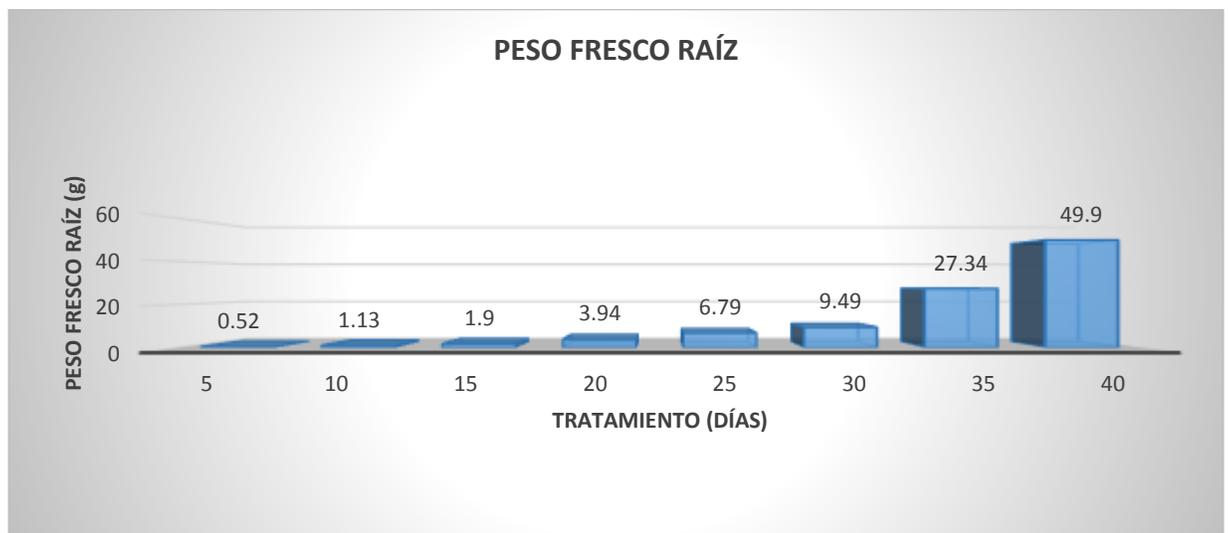


Figura 4.9 Comportamiento ascendente del peso fresco raiz (g).

El comportamiento de las variables de peso presentaron una característica reiterada en genotipos y a través de los experimentos el análisis en general revela que en los primeros 20 días, la raíz tuvo mayor peso que el tallo, como se sabe lo primero que emerge de una semilla es la radícula, parte principal del el sistema radical seminal. En efecto, éste busca posicionarse y/o buscar agua y nutrientes que pueda transmitir a la parte aérea.

Los resultados en los análisis de peso indicaron que es en el tratamiento 20d donde el tallo iguala el peso al de raíz, de ahí en los demás tratamientos el tallo obtiene mayor peso. Este efecto puede atribuirse al uso eficiente de la fotosíntesis y absorción de agua. Anteriormente se mencionó que las raíces seminales detienen su crecimiento y desarrollo en etapa V3, Ritchie., *et al.*, (1092) y que pueden perdurar toda la vida de la planta; en este trabajo se observó que si bien las raíces seminales dejan de crecer en número, no dejan, sin embargo de ramificarse o sea que éstas empiezan a generar raíces secundarias, terciarias, etc. De este modo, se ha observado que para que las raíces seminales detengan su crecimiento, y reduzcan su función, la plántula debe de estar entre 20 y 25 días aproximadamente, y es ahí cuando sufre el cambio y entran en mayor función las raíces nodulares incrementándose en número y longitud en complemento y uso de una buena fotosíntesis. En otras palabras, en este trabajo se observó un sistema raíz completo, que permite el desarrollo de una planta donde, si hay crecimiento de una estructura, hay beneficio en otra. Un ejemplo de esto se refiere al desarrollo radicular donde el peso en (g) fue en incremento y a partir de 25d la ganancia fue mayor por unidad (día). Efecto similar fue observado en la parte aérea (tallo).

El Figura 4.9 indica un crecimiento, en cada fecha de evaluación, al igual que la línea que expresa el Figura 4.10 donde se observó que en el tratamiento 25d se expresa un mayor incremento en el valor de la variable. Por lo tanto, pude relacionarse una vez más que a la edad de 25 días una plántula de maíz reduce el uso de reservas del grano y raíces seminales, y pasa a hacer uso eficiente de las raíces nodulares y hojas verdaderas. Los resultados obtenidos en este trabajo indicaron que a los 25 días la parte aérea (tallo) es una vez más pesado que la parte raíz, es decir que el tallo fue capaz de generar mayor biomasa que el sistema raíz. En un estudio semejante, Pliego., (2012), reporta que el peso promedio del tallo en una plántula de maíz a los 28 días es, en promedio, un gramo más que la radícula.

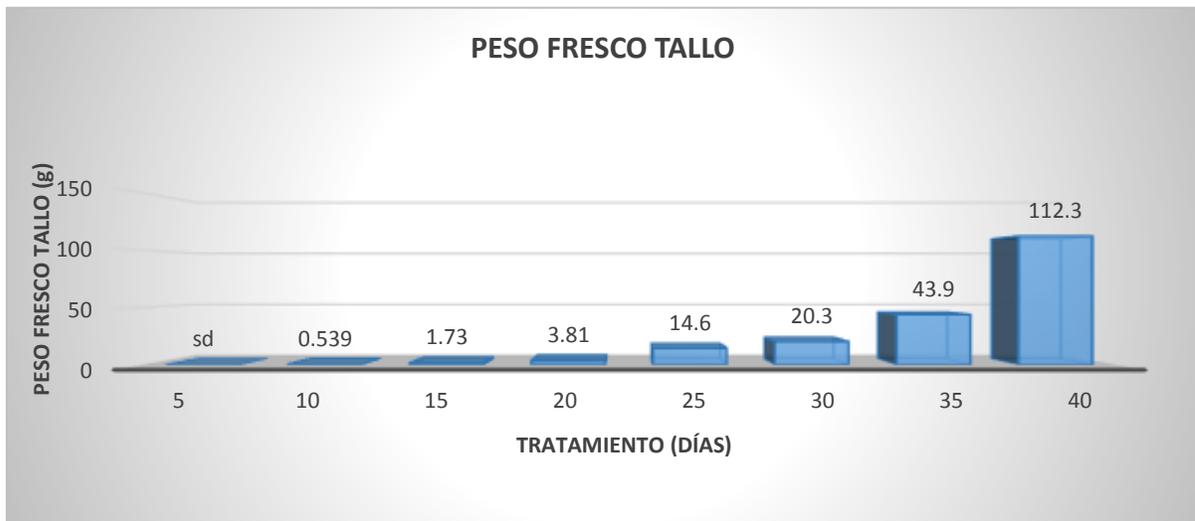


Figura 4.10 Comportamiento ascendente del peso fresco tallo (g).

Los valores promedio generales para (PSR y PST) aparecen en las Figuras 4.11 y 4.12. Las plantas, como la generalidad de los seres vivos, contienen una

proporción mayoritaria de agua en su composición corporal, y esta es mayor en las plantas herbáceas que en las plantas perennes, las plantas herbáceas cuentan con una proporción mayor de agua en estado juvenil que en estado adulto o estado de fructificación.

Los datos expresados en peso seco de raíz Figura 4.11 indicaron que la acumulación de materia seca es en forma ascendente a través de los 8 tratamientos, aunque fue el tratamiento 30d, el efecto mayor desarrollo, y por tanto da inicio a una mayor acumulación de materia seca.

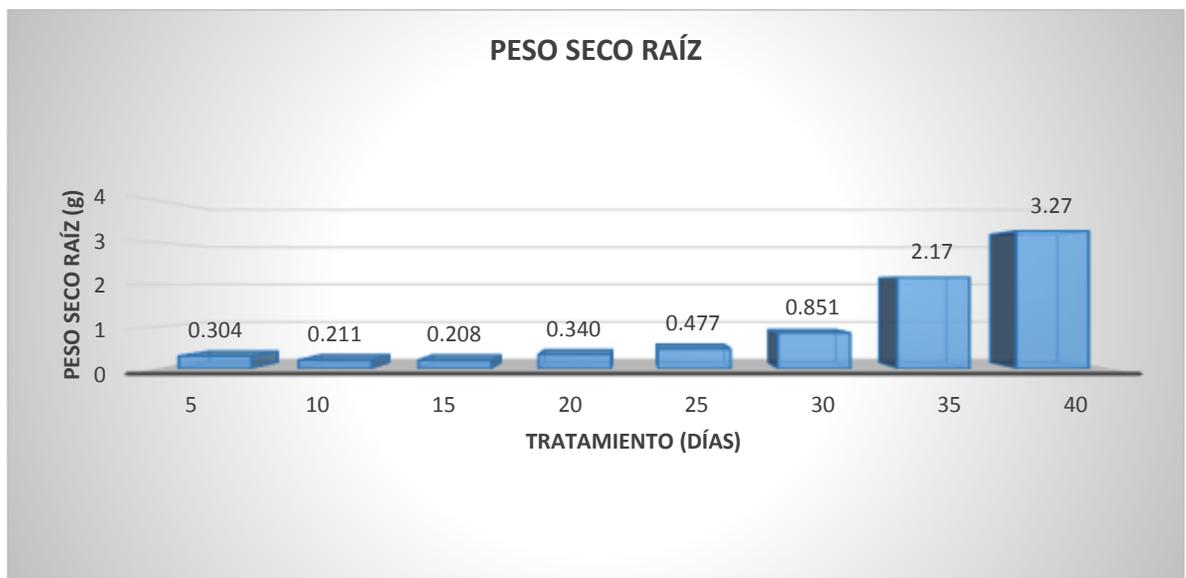


Figura 4.11 Comportamiento ascendente del peso seco raíz (g).

Las variables de peso seco mostraron la acumulación de materia seca; en general, se puede observar que en las primeras tres fechas experimentales el tallo mostró menor materia seca que la raíz por lo que se concluye que el tallo en los primeros 15 días tiene menos materia seca y más reserva de agua,

mientras que la raíz demuestra lo contrario. El incremento en biomasa puede ser observado en las Figuras en apartado 4, expresión fenotípica de plántulas PE y No-PE, expresado a través de los ocho tratamientos.

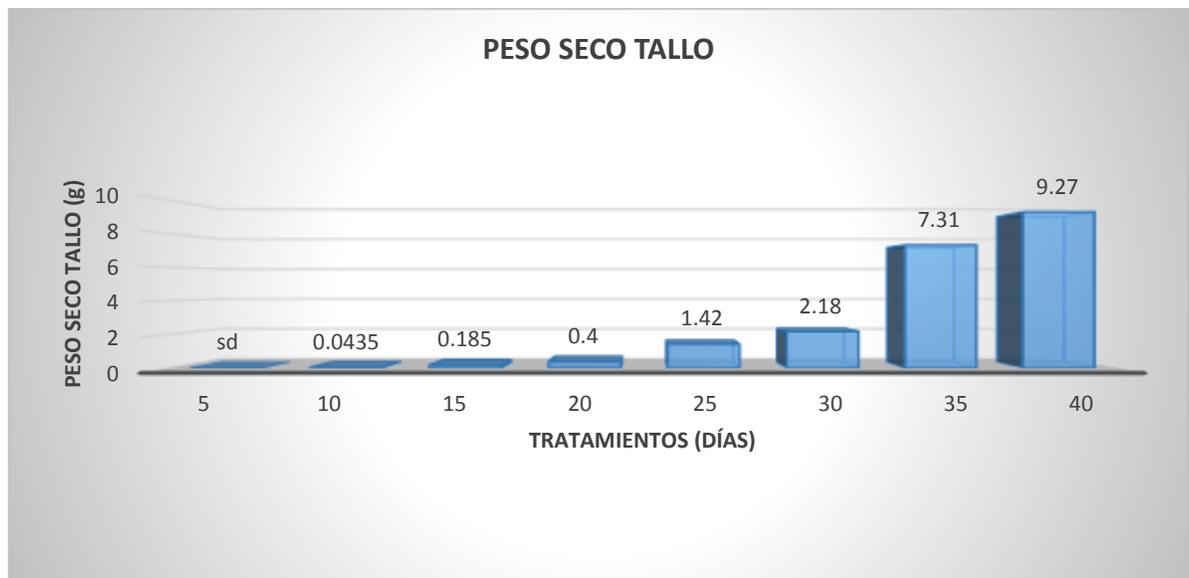


Figura 4.12 Comportamiento ascendente del peso seco tallo (g).

Los resultados expresados en los gráficos 4.11 y 4.12 ilustran el comportamiento progresivo en la acumulación en materia seca. Aquí es importante observar cómo (PSR) inicia acumulando más materia seca que la parte aérea en los primeros 15 días, pero a partir de los 20d las plántulas revierten la condición, y la parte aérea logra superar en peso al sistema radical, lo que condiciona y expresa que una planta maíz, entre más se aleja del estado juvenil, tiene mayor acumulación de materia seca. Feil *et al.*, (1990) reportan valores promedios de 90 a 105 mg, en peso seco de raíz y de 120 a 155 mg en tallo para plántulas de 28 días de edad de maíz, crecidas sin fertilizantes, datos

que no se asemejan a los obtenidos en esta tesis ya que como se observan en el Cuadro conjunto, 4.11 en etapa de 25 días en raíz, el peso es casi cuatro veces superior, mientras que en tallo es seis veces mayor que lo antes citado. Para una mayor comprensión de lo antes mencionado, Figura 4.13 que señala la relación entre parte aérea y sistema radical en acumulación de materia seca.

Los datos obtenidos para (PST), en este trabajo, expresan que existe ventaja en acumulación de materia seca en contra de las estructuras raíz para la etapa de 25 días, resultados similares a los expuestos por Pliego., (2014). Para una mejor visualización de lo antes obtenido y discutido se recomienda ver el Figura 4.13.

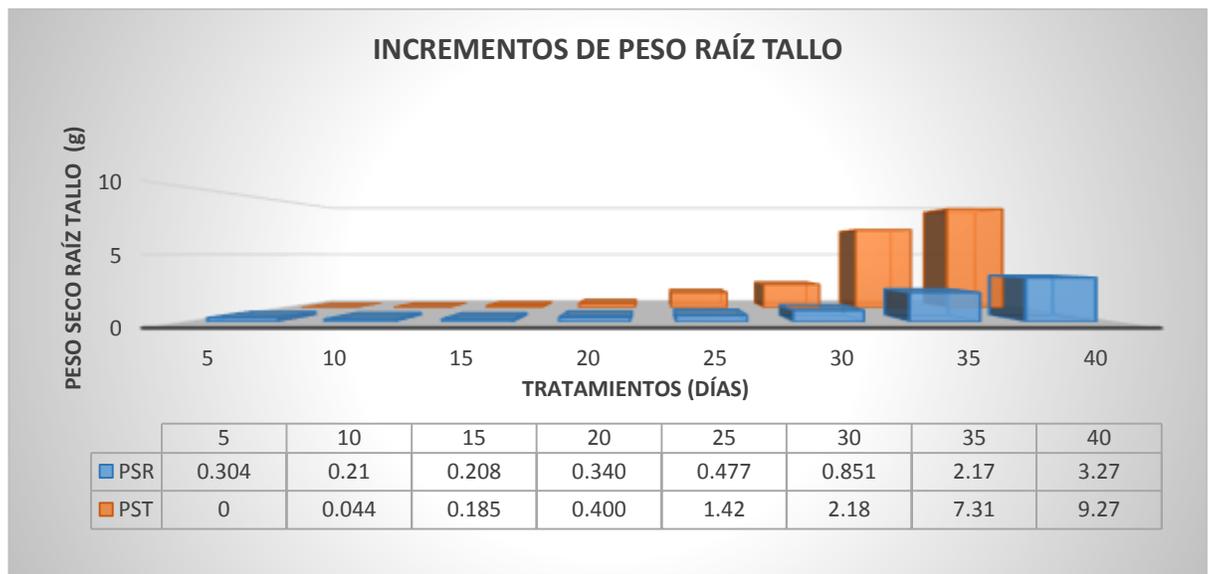


Figura 4.13 Relación entre raíz y tallo en la acumulación de materia seca.

La relación parte aérea/raíz y raíz/aérea se traduce en el balance que existe entre la parte transpirante y la parte absorbente. El maíz, como muchas plantas,

tiende a mantener un equilibrio funcional entre la biomasa de raíz y la biomasa de la parte aérea (tallos y hojas). Este parámetro puede ser de gran importancia en el establecimiento del cultivo cuando este tiene lugar en ambientes donde la humedad es limitada Cuadro 4.5.

Cuadro 4.5 variables relación PSR/PST y PST/PSR.

Variable	PSR/PST	PST/PSR
Experimento		
5d	sd	sd
10d	4.91	0.20
15d	1.12	0.89
20d	0.85	1.18
25d	0.34	2.98
30d	0.39	2.56
35d	0.30	3.37
40d	0.35	2.83

5d, 10d, 15d, 20d, 25d, 30d, 35d, 40d,= fechas de evaluación. PSR/PST= Acumulación de materia seca en base raíz. PST/PSR= Acumulación de materia seca en base al tallo. Sd=sin dato.

Como se observa en el cuadro anterior, los cocientes obtenidos de la población NAP durante los ocho tratamientos de evaluación se puede observar que en (PSR/PST) van de forma descendente hasta los 20d, de ahí el porcentaje se mantiene de 34 a 39 porcientos. Por otra parte, en (PST/PSR) se observa que el proceso es ascendente y a partir de 20d el cociente toma valores de 1.18 hasta 3.37, en acumulación de materia seca, los resultados indicaron que en las dos variables, a partir de 20d, los valores crecen en sus tasas de cambio, lo cual pudiera significar que en plantas juveniles de maíz, en el periodo de 21 a 40 días de edad, se privilegia el crecimiento acelerado de la

parte aérea, en contraposición con la acumulación de materia seca en el sistema raíz.

El valor encontrado en este trabajo de tesis en 15d, para (PSR/PST) el cociente es mayor 1 en plantas juveniles, lo que coincide con lo reportado por Meraz., (2014) quien reporta valores mayores a 1 en sus poblaciones evaluadas, Para una mejor comprensión del comportamiento de los cocientes obtenidos en el Cuadro 4.5, se recomienda Gráfico 4.14, donde puede visualizarse el cambio en sentido opuesto de cada grupo de cocientes (PSR/PST y PST/PSR).

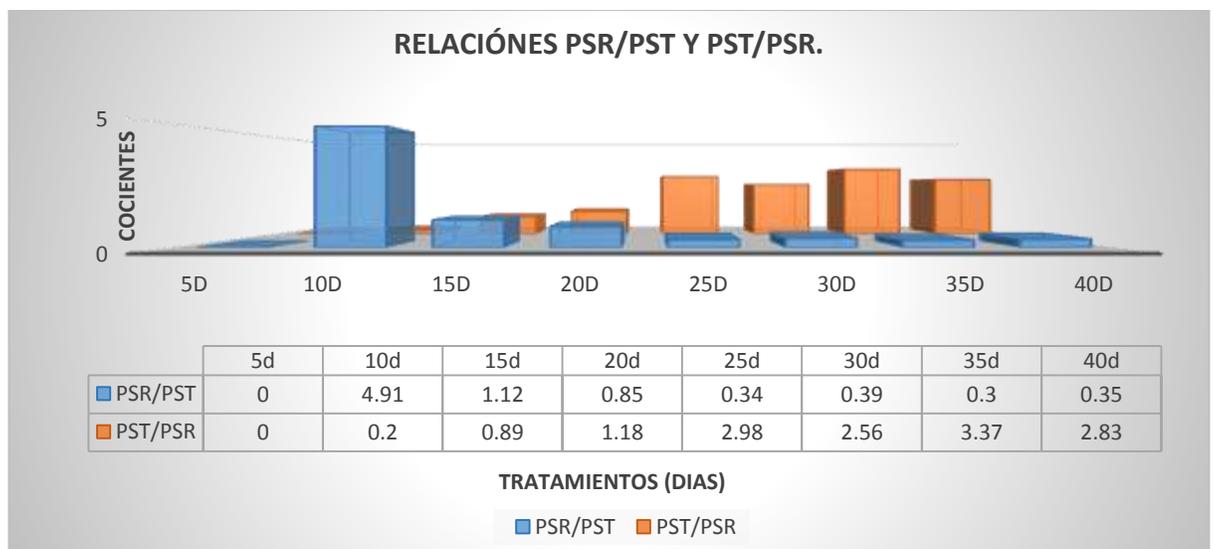


Figura 4.14 comportamiento de la relación PSR/PST y PST/PSR.

Cuadro 4.6 Comportamiento promedio de peso seco tallo entre genotipos.

Genotipos	PST		
	T1	T2	C
Experimento			
5d	0	0	0
10d	0.046	0.05	0.054
15d	0.18	0.185	0.243
20d	0.484	0.405	0.415
25d	1.84	1.17	1.49
30d	2.73	1.94	1.84
35d	9.57	8.11	7.71
40d	10.05	8.62	10.66

5d, 10d, 15d, 20d, 25d, 30d, 35d, 40d,= fechas de evaluación, T1=testigo número uno, T2=testigo número dos, C= población NAP.

En el cuadro 4.6 se enlistan los valores promedios de cada uno de los genotipos durante cada fecha de evaluación, para observar la acumulación de materia seca. En tratamiento 5d, no existe valor ya que en esa fecha el desarrollo de la planta es muy corto y no es posible separarlo del sistema radical. Por ello para una mejor comprensión del desarrollo juvenil de la planta se recomienda ver el punto 4 Expresión fenotípica de plántulas PE y No-PE, Figuras A y B, experimento 5d. En el Figura 4.15, se observa la acumulación de materia seca a través de los ocho tratamientos.

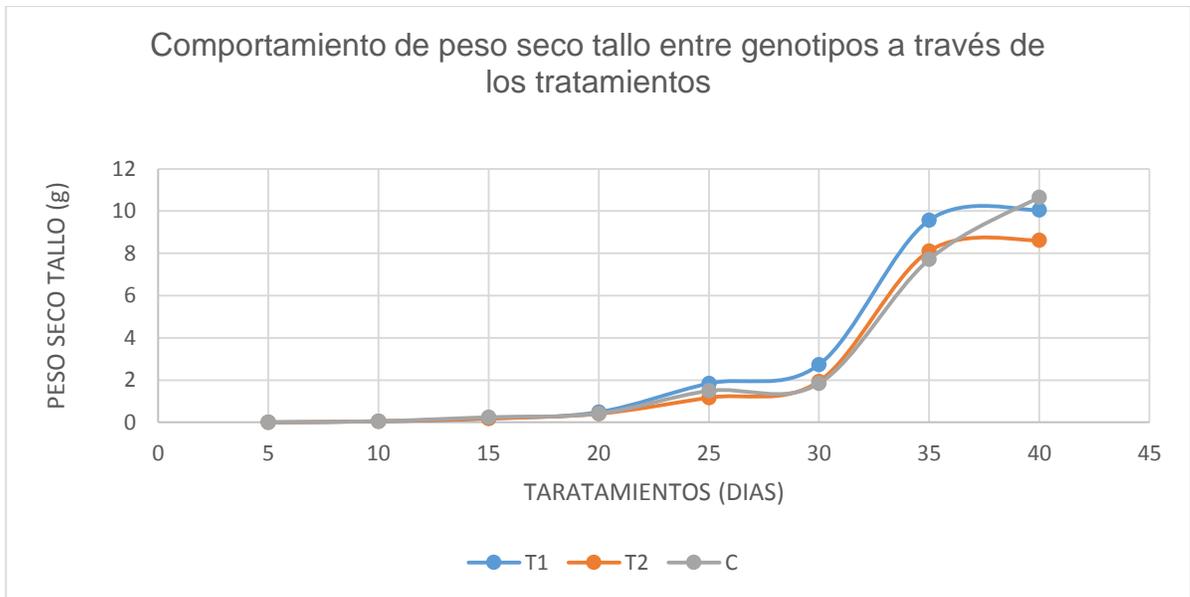


Figura 4.15 comportamiento de peso seco tallo entre genotipos.

Como se puede observar los tres genotipos analizados tienen un inicio similar en desarrollo, pero como se ha señalado en otras secciones, los genotipos tienen diferencias a partir del tratamiento 20d, y para la variable (PST) no es la excepción. El Gráfico 4.13, ilustra muy bien que sin duda T1 tiene la capacidad de acumular un poco más de materia seca que el T2 y C, la población NAP tiene un comportamiento igualitario a T2, sin embargo, los resultados permiten señalar que en fecha 40d, "C" supera a T1 y T2, lo que pudiera significar que en esa edad las plántulas NAP, han logrado superar el hándicap de crecer a dos o más plántulas con, prácticamente, la misma reserva nutrimental, a juzgar por el valor promedio de las semillas utilizadas de n los genotipos de estudio Figura 4.15.

El Cuadro 4.7 concentra los valores de peso seco raíz promedios para cada genotipo como se observa el cuadro expresa unas ligeras caídas en los valores

que corresponden a las fechas 10 y 15 de evaluación, el comportamiento de esos valores relativamente bajo es por el desarrollo inicial de las estructuras aéreas y parte radicular donde el 95% de las antes mencionadas es agua, para una mejor visualización de los datos expresados en el Cuadro 4.7 se recomienda observar el Figura 4.16.

Cuadro 4.7 Comportamiento promedio de peso seco raíz entre genotipos.

Genotipos	PSR		
	T1	T2	C
Experimento			
5	0.333	0.311	0.228
10	0.232	0.200	0.179
15	0.235	0.205	0.188
20	0.392	0.376	0.288
25	0.582	0.452	0.404
30	1.00	0.765	0.737
35	2.35	2.32	2.21
40	3.52	2.80	3.51

5d, 10d, 15d 20d, 25d, 30d, 35d, 40d,= fechas de evaluación, T1=testigo número uno, T2=testigo número dos, C= población NAP.

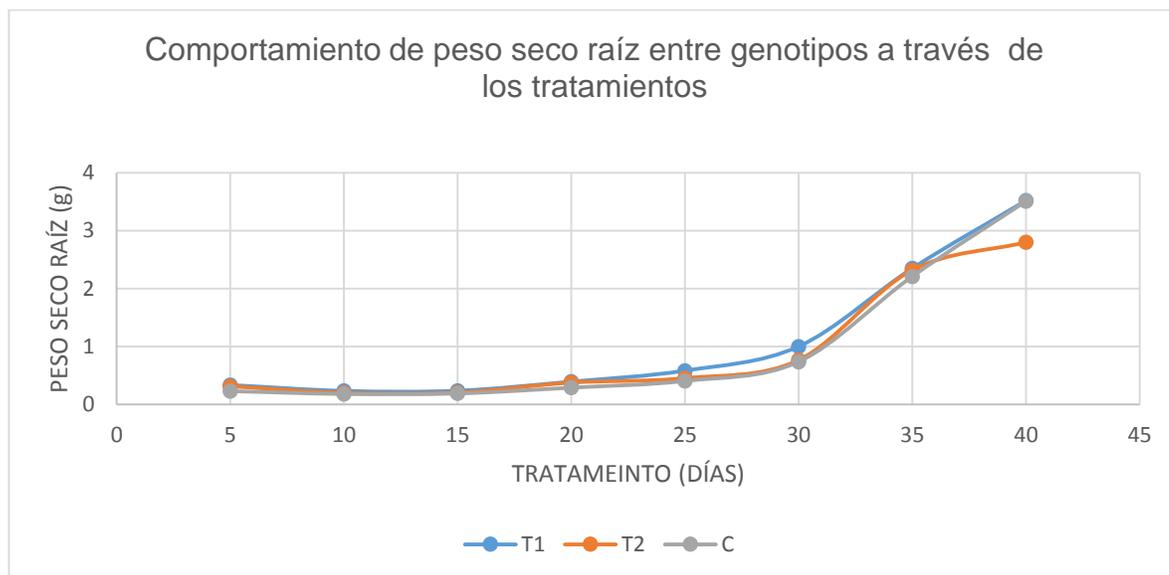


Figura 4.16 Comportamiento de peso seco raíz entre genotipos.

El comportamiento de los genotipos en la parte radicular se observa en el Figura 4.16, donde los resultados indicaron un comportamiento similar a peso seco de tallo. El (PSR) para los tres genotipos T1, T2 y C, la acumulación de peso tuvo un crecimiento similar hasta el tratamiento 35d, pero T1 y C despegan de manera sobresaliente, en el tratamiento 40d. Es notable que la población NAP, incrementa la acumulación de materia seca en la parte raíz superando a T2 y obtiene la eficiencia de T1 (hibrido comercial) ya que logra empatar la acumulación de materia seca, esto puede significar que (C) logra superar el retraso en crecimiento, comparada con materiales probadamente eficientes, ya en la etapa juvenil, donde se inicia la manifestación de la diferenciación sexual Figura 4.4.10. La acumulación total de peso seco raíz más seco tallo se observan en el Cuadro 4.8.

Cuadro 4.8 Acumulación de materia seca PSR+PST, por genotipo a lo largo de los experimentos.

Variable	PSR+PST, T1	PSR+PST, T2	PSR+PST, C
Experimento			
5d	0.333	0.3311	0.280
10d	0.278	0.250	0.233
15d	0.415	0.39	0.431
20d	0.876	0.781	0.703
25d	2.42	1.63	1.89
30d	3.73	2.71	2.58
35d	11.92	10.43	9.92
40d	13.57	11.42	14.17

5d, 10d, 15d 20d, 25d, 30d, 35d, 40d,= fechas de evaluación, PSR+PST T1= peso seco total de testigo número uno, T2= PSR+PST peso seco total de testigo número dos, C= peso seco total de la población NAP.

Como se puede observar en el Cuadro anterior, los datos promedio para cada genotipo están en forma acumulativa raíz mas tallo, y es evidente que T1, tiene una mayor acumulación de materia seca ante los genotipos T2 y C, hasta los 35 pero que (C) logra superarlos en el tratamiento 40d.

4.- Expresión fenotípica de plántulas PE y No-PE, expresado a través de los ocho tratamientos.

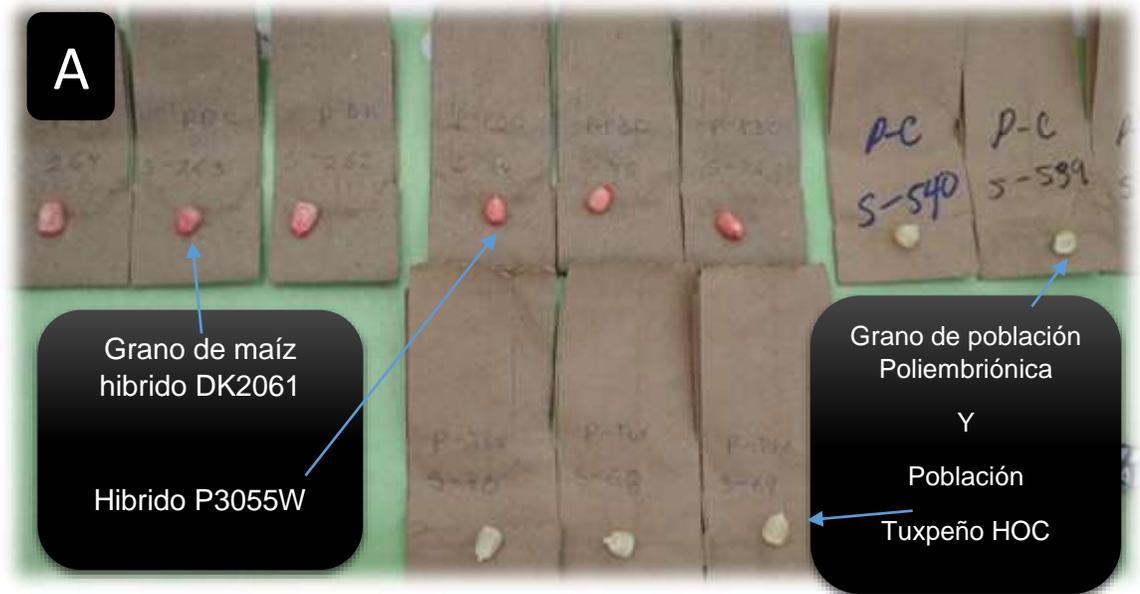
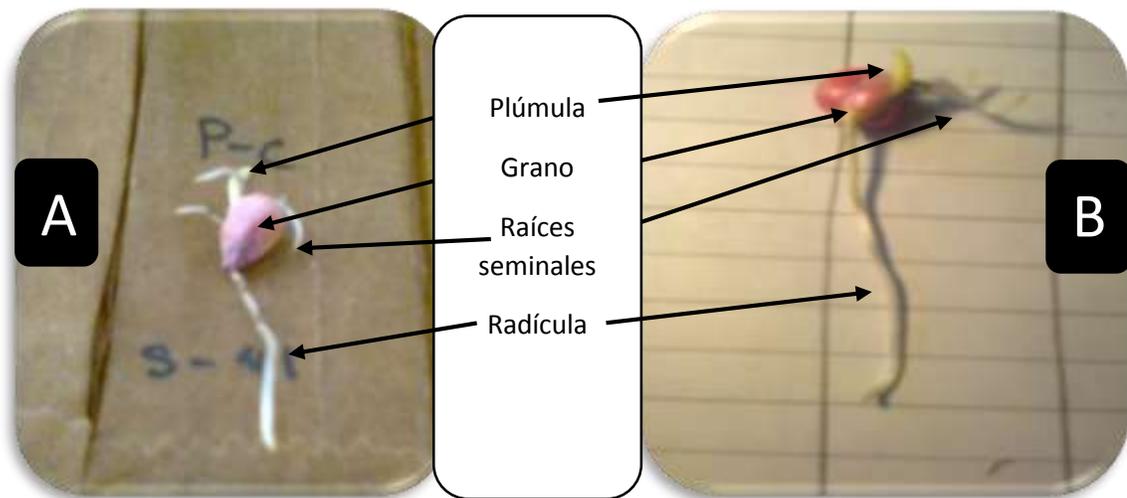


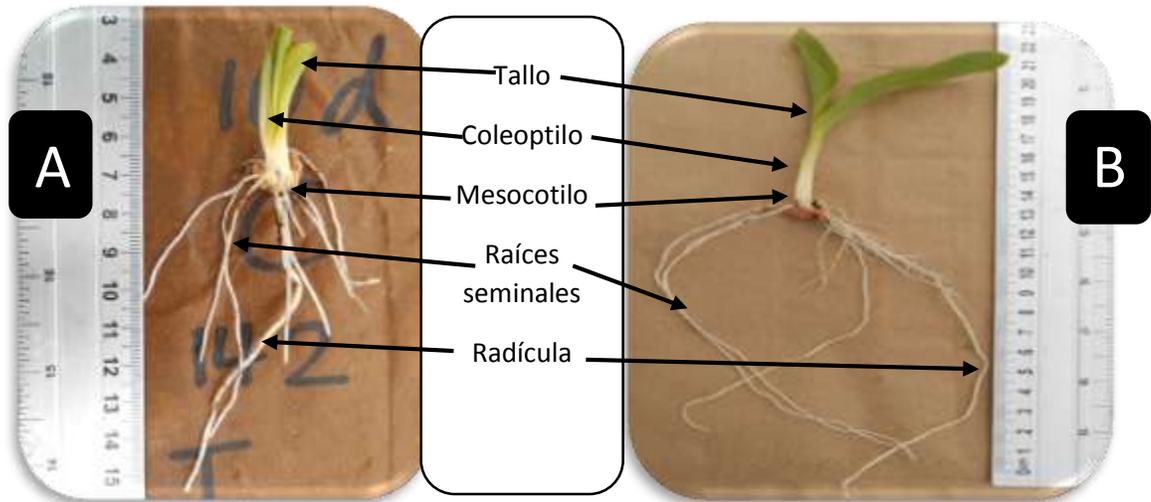
Figura 4.4.1 Etapa 0 d, tamaño de la semilla. Ejemplo por genotipo.



Figuras 4.4.2 Etapa 05 d, expresión fenotípica.

PE

No-PE

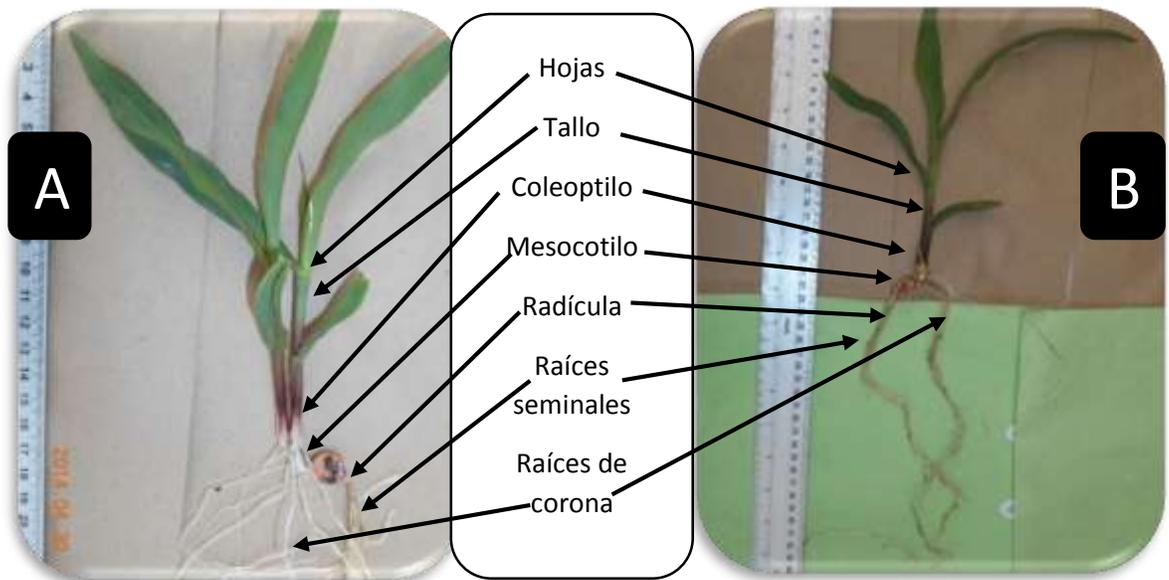


Figuras 4.4.3 Etapa 10 d, expresión fenotípica. A= casos Poliembriónicos,

B=semillas que germinan en una sola plántula

PE

No-PE

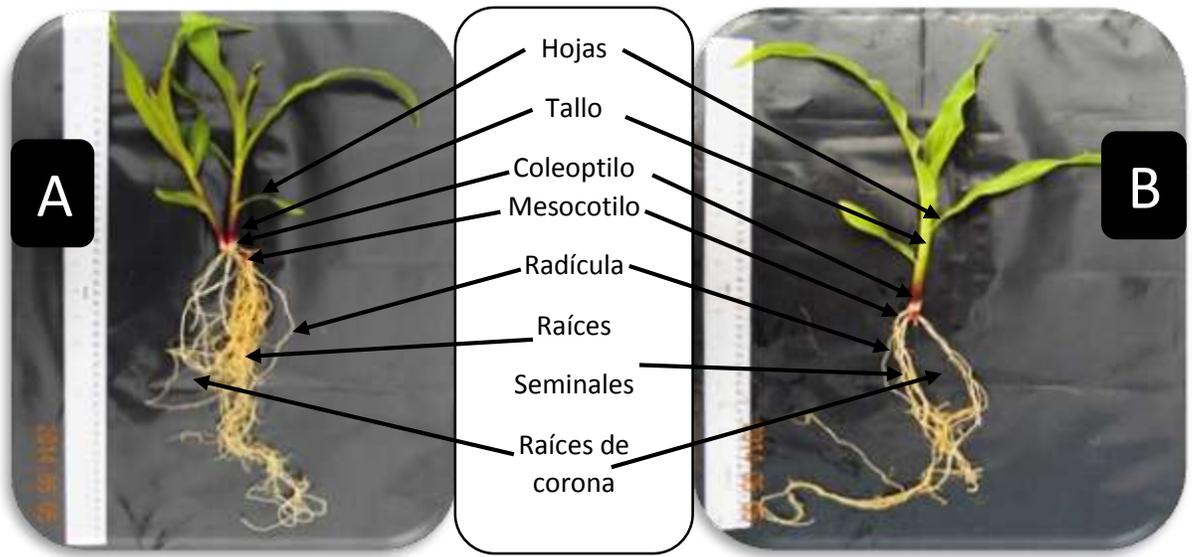


Figuras 4.4.4 Etapa 15 d, expresión fenotípica. La regla metálica utilizada mide

50cm.

PE

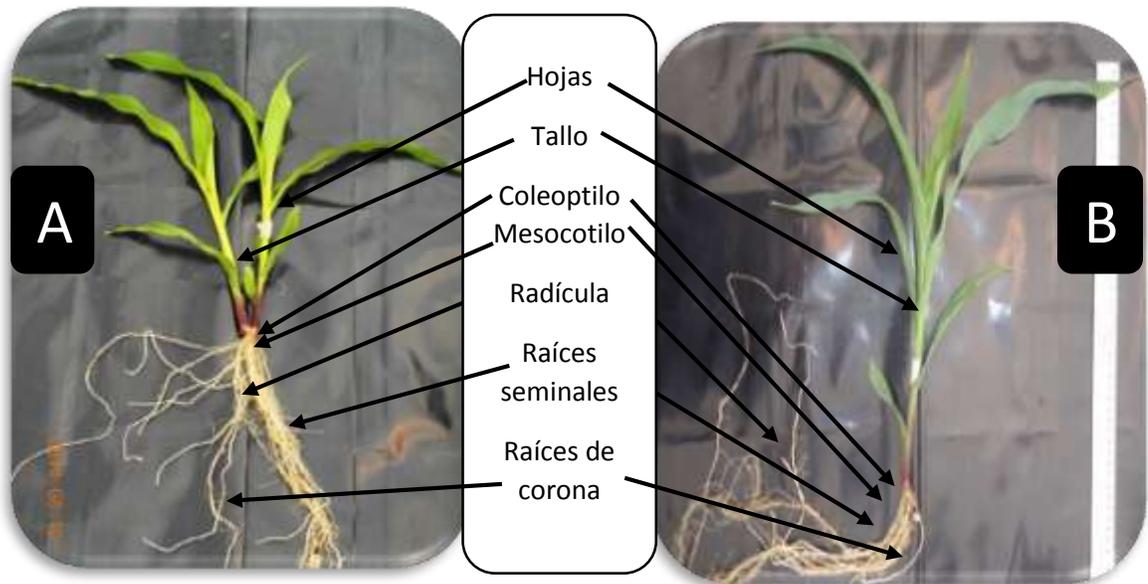
No-PE



Figuras 4.4.5 Etapa 20 d, expresión fenotípica.

PE

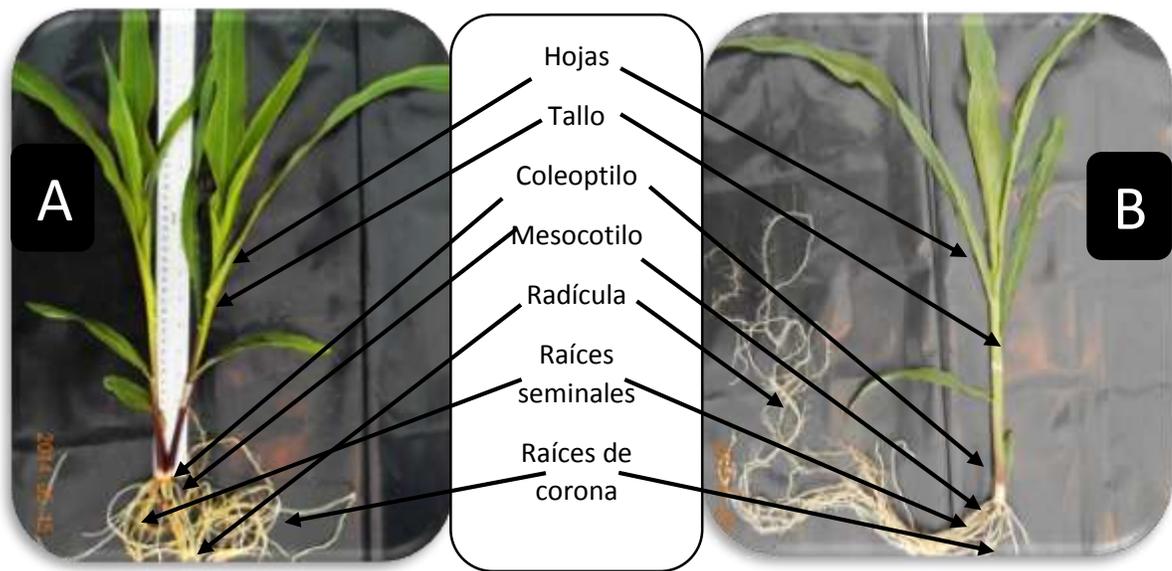
No-PE



Figuras 4.4.6 Etapa 25 d, expresión fenotípica.

PE

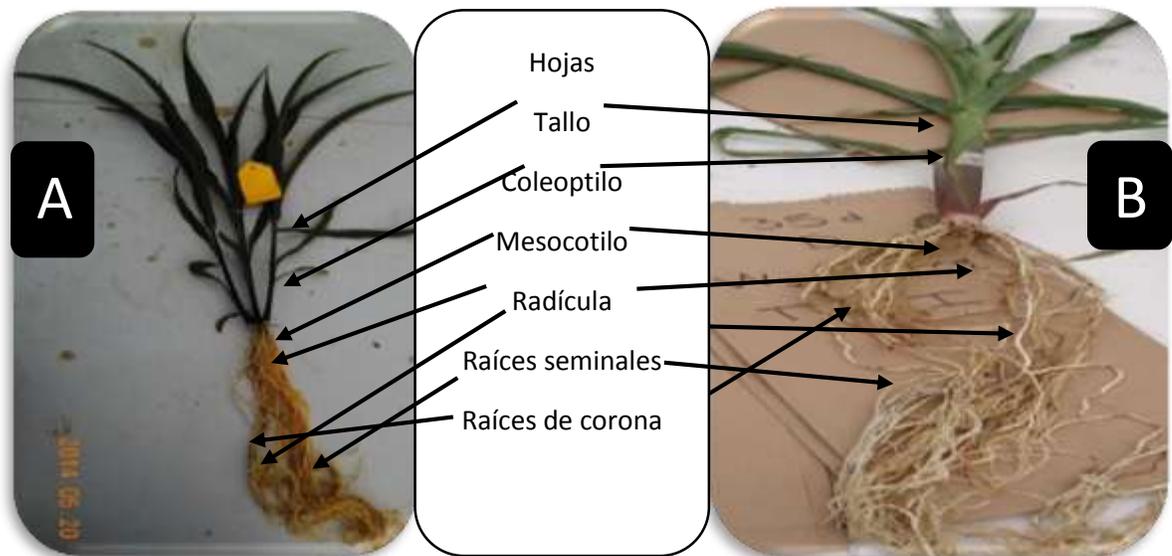
No-PE



Figuras 4.4.7 Etapa 30 d, expresión fenotípica.

PE

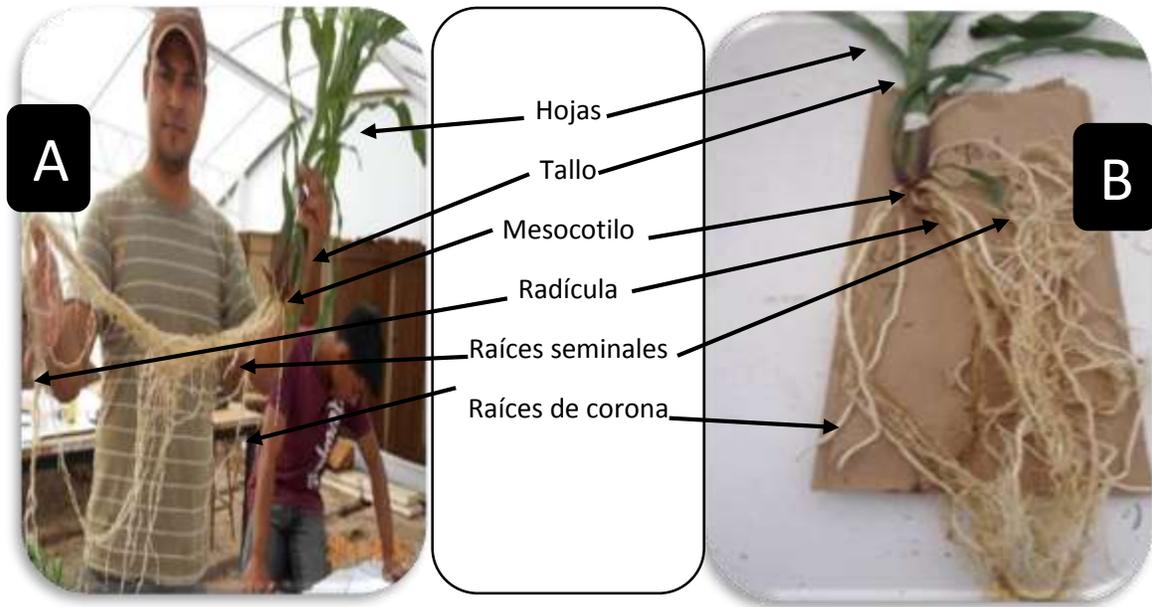
No-PE



Figuras 4.4.8 etapa 40d expresión fenotípica

PE

No-PE



Figuras 4.4.9 Etapa 40d, expresión fenotípica.

PE

No-PE

La observación sobre la presencia estructuras reproductivas detectadas en este Figuras 4.4.10 las plantas presentan pequeñas estructuras femeninas, en la edad de 40 días, cuando en general las plantas están entre V6 y V7 esta etapa reproductiva puede estar en función del material genético en estudio Ritchie *et al.*, (1092), las plantas (PEm), presentan estructuras femeninas en etapa V7, como se puede observar en la Figura descrita.



Figura 4.4.10 indicios de estructuras reproductivas

En seguida se presentan el señalamiento de significancia estadística para cada tratamiento en las variables de respuestas Cuadro 4.5 las diferencias significativas se señalan con uno o dos asteriscos (sea $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$). En cada señalamiento con asterisco se expresan que al menos uno de los genotipos muestra mayor desarrollo o, en caso contrario, menor desarrollo como se observa en algunas variables, existen más diferencias entre tratamientos que en otras, esto quiere decir que al menos uno de los genotipos puede ser más efectivo en el desarrollo de las estructuras anatómicas y/o crecimiento con el que genera más peso. Como puede apreciarse Cuadro 4.5, en lo general hubo pocas diferencias estadísticas entre genotipos a través de los experimentos y variables de respuestas consideradas en este estudio es interesante observar que del conjunto de variables, las dos variables que presentaron sensibilidad a influencia de genotipos y estados de desarrollo, a los

cuales se les aplico pruebas de rango múltiple (Tukey, $\alpha \leq 0.05$), que analizó e identificó en concreto qué genotipos expresan valores sobresalientes a los demás en las diferentes variables y a través de los tratamientos, los Cuadros 4.6 A y 4.6 B, concentra los resultados de las pruebas donde a los 10 días la población (C) en desarrolla menor número de raíces de corona lo que es razonable pensar (C) tiene que dividir la reserva de nutriente en dos o más plantas dado a su condición, pero es interesante recalcar la capacidad que tiene (C) ya que logra superar a los genotipos en 35d y 40d, dado que si bien la población NAP, genera más de un tallo tiene necesidad de desarrollar más número de raíces de corona además del diámetro mayor que le permite el desarrollo de estas, la variable (LT), expreso desarrollo inferior a los demás genotipos dado que tiene mayor competencia pues las plantas se encuentran mayormente cercanas y algunas íntimamente unidas. En el caso de la variable (LR) la población (C) y T1 tienen mayor desarrollo y T2 tiene inferioridad en los tratamientos 5d y 15d, se observa que en 30d, el valor de (C) es marginal por efecto de experimento.

Cuadro 4.9. Significancias estadísticas dadas por los ANOVA en los diferentes tratamientos.

Experimento	5d	10d	15d	20d	25d	30d	35d	40d
Variables								
PIS	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
LR	**	ns	**	ns	ns	**	ns	ns
PF TOT	ns							
PS TOT	ns							
NRS	sd	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
NRC	sd	**	ns	ns	ns	ns	**	**
NH	sd	ns						
LT	sd	**	ns	ns	ns	ns	**	ns
PFR	sd	ns						
PFT	sd	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
PSR	sd	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
PST	sd	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns

5d, 10d, 15d, 20d, 25d, 30d, 35d, 40d= fechas de evaluación (tratamientos). PIS, PG, LR, NRS, NRC, NH, LMES, LT, PFR, PFT, PSR, PST= variables evaluadas, (*) significativo, (**) altamente significativo, NS= No significativo, Sd= sin dato.

Cuadro 4.10 A. Agrupamiento de promedio Tukey's.

Var	Gen	PIS	NRS	NRC	NH	LR	LT	PFR	PFT	PSR	PST
5d	C	0.310	sd	sd	sd	2.5ab	sd	sd	sd	sd	sd
	T1	0.356	sd	sd	sd	2.7a	sd	sd	sd	sd	sd
	T2	0.350	sd	sd	sd	1.7b	sd	sd	sd	sd	sd
10d	C	0.308	3.7	0.3b	1.4	19	3.6b	1.2	0.70	0.18	0.054
	T1	0.340	3.9	0.9ab	0.8	19.8	5.2a	1.3	0.57	0.23	0.046
	T2	0.304	4.2	1.6a	0.9	18.2	5.3a	1.2	0.63	0.20	0.050
15d	C	0.304	3.1	4.4	2.7	32ab	8	2.1	2.2a	0.19	0.243
	T1	0.344	3.7	4.3	2	33a	9	2	1.6b	0.23	0.18
	T2	0.344	3.6	5	1.9	26b	9	1.8	1.8b	0.20	0.185
20d	C	0.300b	3.7	8.5	2.7	40	11	3.6	4.1	0.29b	0.415
	T1	0.353a	4	7.6	2.2	38	15	4.4	4.4	0.39a	0.484
	T2	0.330ab	4.2	8	2.5	41	13	4.4	3.7	0.38a	0.405

5d, 10d, 15d, 20d, tratamientos (evaluaciones). GEN=genotipos. PIS=peso inicial de la semilla. NRS=número de raíces. NRC=número de raíces de corona. NH=número de hojas. LR=longitud de radícula.LT longitud del tallo. PFR=peso fresco raíz. PFT peso fresco tallo. PSR=peso seco raíz PST=peso seco tallo.

Cuadro 4.10 B. Agrupamiento de promedio Tukey's.

VAR TRAT	GEN	PIS	NRS	NRC	NH	LR	LT	PFR	PFT	PSR	PST
25d	C	0.301	3.4	10.6	3.9	66.3	24.5	6	19.6	0.40	1.5b
	T1	0.359	4	9.8	3.4	68.6	24	7.8	16	0.58	1.8a
	T2	0.331	3.9	8.9	3.6	67.8	21	6.6	11	0.45	1.1b
30d	C	0.315	3.4	11.5	4.2	63b	25	8.5	20	0.74	1.8
	T1	0.354	4	11	3.8	84.6a	30.4	11	24.6	1	2.7
	T2	0.305	3.7	10	4	67b	26.5	8.4	17.4	0.77	1.9
35d	C	0.316	2.9c	17.7a	4.9	79	30c	28	50	2.2	7.7
	T1	0.349	3.4a	12.6b	4.6	87	37.9a	31.8	46	2.4	9.6
	T2	0.305	3.4a	13b	5.4	88	35ab	30	53.4	2.3	8.1
40d	C	0.320	4.2	23.5a	6.3	99	42.6	56.2	131.3	3.5	10.7
	T1	0.352	4	15.8b	6.3	101	46.6	52.4	119.4	3.5	10
	T2	0.317	4.6	16.8b	6.4	93.1	45	45.2	111.4	2.8	8.6

25d, 30d, 35d, 40d, tratamientos (evaluaciones). GEN=genotipos. PIS=peso inicial de la semilla. NRS=número de raíces. NRC=número de raíces de corona. NH=número de hojas. LR=longitud de radícula. LT longitud del tallo. PFR=peso fresco raíz. PFT peso fresco tallo. PSR=peso seco raíz PST=peso seco tallo.

Los cuadros anteriores muestran en forma ordenada el acomodo de los promedios para cada genotipo de acuerdo a la prueba de rango múltiple (Tukey, $\alpha \leq 0.05$), donde se ilustran los genotipos sobresalientes, de acuerdo al tratamiento correspondiente.

En el caso de la variable (PIS) se observa que en lo general, los tres genotipos presentaron un peso promedio de grano, en monto similar, la cual puede tomarse como una medida indirecta de la reserva nutrimental para sufragar el proceso de germinación y emergencia de plántula. La única diferencia significativa para genotipos detectada en la variable (PIS), fue en el experimento 20d, y puede tomarse como un caso de efecto de muestreo, ya

que el peso general promedio para los genotipos, determinado en una muestra de 450 semillas para cada uno, pesadas de manera individual, fue como sigue; NAP o C=303±40mg, T1=349±40mg, y T2= 325±60mg, lo cual permite concluir que si las semillas comparten la misma reserva nutrimental la población NAP puede hacer un mejor uso de estas reservas ya que tiene la capacidad de generar más de un tallo por semilla.

En el caso de las variables (NRS y NRC) y observando detenidamente el Cuadro 4.5 puede decirse que las diferencias entre genotipos en (NRS) es un sólo caso aislado en el experimento 35d donde (C) es inferior a los testigos, pero puede considerarse un resultado marginal, ya que en los otros siete experimentos fue estadísticamente igual a los testigos.

El (NRC) es una de las tres variables sensibles a los efectos de las etapas de desarrollo (10d, 35d, y 40d) y a diferencias en el comportamiento de genotipos. En la etapa temprana (C) fue estadísticamente inferior a los testigos, probablemente por que las plántulas (C) aun depende de la reserva nutrimental y está obligada a utilizar de manera eficiente para el desarrollo de estructuras anatómicas dobles sin embargo, las diferencias ($p \leq 0.01$) en el experimento) 35d la situación se revierte y NAP (C) supera a los testigos, y pasa de ser el genotipo inferior en 10d, al superior en 35d y 40d, la explicación más razonable es que las plántulas hermanas dobles, germinadas de una semilla, presentan un mayor perímetro en el cuello vital, donde se concentran los nudos basales de las plántulas, y de donde emergen las raíces de corona, mientras que los

testigos, maíz común, sólo presentan un tallo, y por lo mismo, un perímetro menor, y menos número de raíces nodulares y de corona

Para el caso de la variable (NH) no se presentaron diferencias, estadísticas. Los análisis de varianza el análisis de varianza y las pruebas de rango múltiple expresan que los tres genotipos muestran similitud en los valores promedio reportados, pero se observa el crecimiento paulatino, a medida que crecen las etapas de desarrollo de las plántulas Gráfica 4.4.

Las variables longitud de radícula y tallo muestran acenso en el transcurso de las etapas de crecimiento (ocho experimentos), equidistantes cada cinco días, referidos a la edad de las plántulas).

La variable (LR) se observa con un desarrollo en acenso a través de tratamientos, y con las medidas de crecimiento en cada cinco días, empezando desde 5d hasta 40d, se estima que la radícula crece en promedio general 2.8cm, por día, los ANOVA permiten detectar diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en los experimentos 5d, 15d, 30d y en el resto de ellos, estadísticamente igual a los testigos. Es en el tratamiento 30d donde (C) es menor o diferente a T1, el testigo mejor calificado.

La variable (LT), es una de las tres variables que mostraron sensibilidad a las etapas de crecimiento y la diferencia entre genotipos, en un crecimiento promedio calculado de 1.2 cm por cada día. Es pertinente señalar que la medida analizada de (LT) en los genotipos, es de hecho el promedio de dos o tres tallos, en el 60 % de los casos, para el genotipo NAP o "C". En términos

estrictos, estas plantas han desarrollado al menos el doble del valor que se consigna en los promedios derivados de las pruebas de Tukey. La razón de tomar el promedio de 2 ó 3 tallos en c, fue para hacerlos comparables con los testigos, que sólo producen tallos individuales. De acuerdo con estos argumentos y los datos observados, (LT) responde a las etapas de crecimiento y a algún tipo de discrepancias con los genotipos bajo estudio.

Las variables relativas a peso de las dos partes constitutivas principales de las plántulas de maíz (raíz y parte aérea o tallo) presentaron en común un crecimiento continuo en el periodo experimental de 40 días, observados en ocho experimentos sucesivos de cinco días cada uno. Sin embargo, las diferencias mayores estriban en la velocidad de crecimiento de cada parte y el peso final que se alcanzó en el periodo experimental.

El impacto de las diferencias entre genotipos fue de importancia menor; al respecto, el Cuadro 4.9 muestra que las cuatro variables de peso (en fresco = PFR, PFT, en seco = PSR, y PST) presentaron casos esporádicos de diferencias estadísticas entre genotipos; de hecho, PFR es **ns** en los ocho experimentos, y las otras tres (PFT, PSR, y PST) presentaron sólo un caso de significancia estadística ($p \leq 0.01$), la primera en el experimento de 15d (C, el genotipo superior) y la segunda en el de 20d (C, el genotipo inferior), y la tercera en el experimento de 25d (T1, el genotipo superior).

Con base en la información de los Gráficos 4.7, 4.8, 4.9, y 4.10, puede plantearse que las cuatro variables relativas a peso tienen, en lo general, dos etapas de crecimiento, la primera se comprende en los experimentos 5d, al 20d

(Etapa Uno), y la segunda (Etapa Dos), en los otros cuatro experimentos (del 25d al 40d). Etapa Uno se caracteriza por una tasa de crecimiento diario promedio bajo, varias veces inferior al que se suscita en la Etapa Dos.

El inicio del proceso germinación-emergencia en maíz se caracteriza por un desarrollo rápido del sistema radical seminal (radícula y raíces seminales), para luego continuar con la aparición del coleoptilo sobre la superficie de siembra, quien propicia la aparición-extensión de la lámina foliar de la primera hoja, acompañada del meristemo apical (cogollo). Con ello se inicia el desarrollo de la parte aérea (tallos-hojas). Los datos globales de los experimentos comprendidos en Etapa Uno, permiten señalar que la variable (PFR) acumula un peso promedio general de 3.94 g a los 20d, por lo tanto, la ganancia de peso diario promedio es de 197 mg. De manera análoga, en esta Etapa Uno, la ganancia de peso diario promedio en (PFT) es de 190 mg, la de (PSR) es de 17 mg, y la (PST) es de 20 mg. Como puede apreciarse, las tasas de crecimiento en Etapa Uno son bajas, y se presentan de magnitud semejante, sean valores para peso en fresco, y peso en seco.

En Cuadro 4.7, se consignan los valores promedio para (PSR) por genotipo, señalando a (C) con peso de 288 mg a los 20d, comparable a lo señalado por Domínguez (2013) quien consigna valores entre 133 y 227mg en plántulas de 17 días de edad. En un contexto semejante, Feil *et al.* (1990) Señalan peso seco de raíz para plántulas en etapa V2 (categoría por Ritchie *et al.*, 1992) con valores de 90 a 105 mg, la edad de estas plántulas es comparable a los del experimento 15d de este trabajo de tesis, cuyos valores promedio para (PSR)

fueron del orden de 188 mg para el genotipo (C) y 235 mg para el testigo T1, notablemente superiores a los consignados por Feil *et al.* (1990).

El (PST) a los 15d y 20d, en este trabajo pueden ser comparables a los de Feil *et al.* (1990) y Domínguez (2013). Los valores en 15d fueron de 243 mg en genotipo (C) y 180 mg en T1, mientras que Feil *et al.* (1990) señalan promedios de 120 a 155 mg, inferiores a los determinados en este trabajo. Por otra parte, Domínguez (2013) consigna valores (PST) de 133 a 227 mg, mientras que los valores en 20d fueron de 415 mg en genotipo (C) y de 484 en T1, también superiores a los primeros. Las diferencias notables pudieran deberse a la naturaleza de genotipos en cada experimento, y al manejo al que fueron sometidos durante el desarrollo experimental, es común que en estudios de este tipo, el sustrato donde se hacen germinar las semillas sea limitado, utilizando cajas de germinación o macetas, que regularmente son reducidas.

Las tasas de ganancia de peso diario, en Etapa Dos, son notablemente superiores. Para PFR, y PFT, el promedio de ganancia diario fue de 2.3 g y 5.4 g respectivamente, los cuales son de 11 a 28 veces más altas que los alcanzados en Etapa Uno. La alta velocidad de crecimiento documentada en Etapa Dos se debe al crecimiento y desarrollo de las diversas estructuras de las plántulas y planta joven, como son el número creciente de hojas, desarrollo de nudos y entrenudos del tallo, crecimiento de raíces secundarias en radícula y raíces seminales, las cuales ya no crecen en número pero si en ramificaciones, se deben también a la aparición progresiva de las raíces nodulares o de corona, las cuales son conforman el sistema radical definitivo de la planta.

La ganancia de peso en PFR, PFT, PSR y PST aludidas en esta sección, pueden tomarse en cuenta para señalar dos aspectos relevantes en la valoración de los genotipos bajo estudio. La proporción de sólidos/agua en **raíz** de plántulas Etapa Uno (5d a 20d) y planta joven Etapa Dos (21d a 40d) fue de 8.6 % y 6.4 % respectivamente. La proporción sólidos/agua en **tallo** planta joven Etapa Dos fue de 10.4 % y 8.3 % respectivamente. Como es del conocimiento general, las plantas herbáceas, y en etapa juvenil, la materia seca es igual o inferior a 10 %, condición que se observa en este trabajo sobre plántulas-plantas jóvenes de maíz. Puede notarse que los porcentajes de materia seca en los primeros 20 días de edad, sea en raíz o tallos fueron menores de 9 %, y menores o iguales a 10 % en la Etapa Dos.

Es frecuente que los investigadores en temas de desarrollo de plantas-raíz mencionen que la otra mitad de la planta es la raíz. Si el enunciado fuera de valor general, se esperaría que la acumulación de materia seca fuera de monto semejante. De hecho, se ha planteado que en plantas adultas de maíz, la relación ideal entre materia seca raíz/tallo se representa por un cociente igual o cercano a 1.0 Meraz., (2014). En este trabajo de tesis la proporción PSR/PST en los ocho experimentos (de 5d a 40d) fue en extremo variable, como corresponde al desarrollo inicial y luego acelerado de las plántulas de maíz. De acuerdo a los datos disponibles, los datos de esta relación PSR/PST aparecen en el Cuadro 4.5.

De esta información se desprende que las tres primeras fechas, los cocientes son superiores a 1.0, mientras que los restantes de 20d hasta 40d

son menores a 1.0, de hecho el cociente se repite en valores de 0.35. Esto pudiera explicarse por el hecho de que el proceso germinación-emergencia del maíz requiere del desarrollo amplio del sistema radical seminal (SRS) y el origen de las primeras raíces de corona, por lo que presenta un peso mayor. Una vez establecido el (SRS), se acelera la aparición de las estructuras de la parte aérea-tallo, y se logra el desbalance en peso, ya que el tallo acumula más materia sólida que la raíz, de ahí que el cociente PSR/PST sea de un tercio. Todo esto, en etapas de plántula y planta joven.

V. CONCLUSIÓN

Con base los objetivos, hipótesis metodología aplicada y resultados, bajo las condiciones de este trabajo de investigación, se derivan las siguientes conclusiones.

El desarrollo alcanzado por las plántulas observadas en este trabajo de manera general en los 40 días fue que en todas las estructuras anatómicas evaluadas tienen un crecimiento ascendente y similar, Partiendo desde el peso inicial de la semilla la población NAP presentó el mismo peso que los testigos, por lo que se deduce que tienen la misma reserva nutrimental lo que la posiciona con las mismas posibilidades de desarrollar plantas competitiva; y esto lo demuestra a lo largo de las evaluaciones. Se corrobora la capacidad de los genotipos NAP desarrollar más de un tallo por semilla, acompañado de algunas estructuras múltiples como son radículas, mesocotilos, y coleótilos. En lo general, es razonable proponer que los genotipos NAP más eficientes al utilizar los recursos nutrimentales acumulados ya que los utiliza para el desarrollo de dos o más tallos.

En las variables analizadas sólo se observaron diferencias estadísticas significativas importantes en las variables LR y NRC y se observó que LR tuvo un desarrollo igualitario al mejor testigo, pero la población (C) expresó valores importantes superiores a todo testigo ya que al ser dos o más tallos tienen una

mayor necesidad y diámetro para desarrollar raíces de corona. En las variables de peso seco raíz (C) se mantiene al margen de acumulación de materia seca a los demás genotipos y en el caso de peso seco tallo expresa valores iguales al T2 y inferiores al testigo de calidad híbrida, todo esto a lo largo de los experimentos hasta los días sin embargo al alcanzar los 40 días experimentales, NAP logra superar a ambos testigos en la etapa de 40 días. En el caso de las demás variables se observaron pocos casos de diferencias significativas entre genotipos durante las fechas de evaluación.

En concreto se puede decir que si NAP tiene cierto porcentaje de estructuras dobles lo utiliza como herramienta adicional para el buen funcionamiento y/o desarrollo que requiere durante el ciclo vegetativo, como lo puede ser la doble radícula para una mayor absorción de agua y sales minerales necesarias, lo que parece razonable si ésta cuenta con dobles estructuras morfológicas aéreas, dobles (tallos).

Por lo tanto en lo general puede establecerse que NAP cuenta con una buena eficiencia al utilizar las reservas nutrimentales; así como con una buena capacidad de crecimiento y desarrollo durante el proceso de germinación-emergencia, y en las etapas subsecuentes en el propósito de alcanzar la etapa adulta productiva.

VI. LITERATURA CITADA

Atak Ç., S. Alikamanoğlu, L. Açık And Y. Canbolat. 2004. Induced of plastid mutations in soybean plant (*Glycine max* L. Merrill) with gamma radiation and determination with RAPD. *Mutation Research* 556: 35-44.

Bouquet, A., 1980. "Effect of some genetic and environmental factor son spontaneous polyembryony in grapes (*Vitisvinifera* L.)". *Vitus*, **19**(2): 134-150.

Dale, N. 1997. Ingredient analysis table: 1997 edition. Feedstuffs Reference Issue. Vol.69. Num. 30. p. 24-31.

Doebley, J., Stec, A., Wendel, J. & Edwards, M. 1990. Genetic and morphological analysis of a maize-teosinte F2 population: implications for the origin of maize. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 87: 9888-9892.

Domínguez. T. A, 2013, Parámetros genéticos y características de producción en genotipos de maíz que segregan Poliembrionía, Ingeniero Agrónomo en producción por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Coahuila, Mex.

El Economista Producción de Maíz en México y en el Mundo <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2013/02/11/produccion-maiz-mexico-mundo> 30 de Noviembre del 2014.

Espinoza J, M C Vega, E Navarro, G A Burciaga (1998) Poliembrionía en maíces de porte normal enano. *Agronomía. Mesoamericana.* 9:83–88.

Espinoza. J., L.E. Valdés., H. De León. 2003. Calidad nutricional del grano en Poblaciones de maíz poliembriónico. *Libro Científico Anual, Agricultura, Ganadería y Ciencia Forestal en la UAAAN.* pp. 288-294.

Espinoza. J., J. Valdés., M.J. Alcalá., 2012. Morfología y Anatomía de Radículas Múltiples en Plántulas de Maíz Derivadas de Cariopsis con Poliembrionía. *Polibotanica.* ISSN 1405-2768. pp. 207-221.

Evans M M S (2007) The indeterminate gametophyte 1 gene of maize encodes a lob domain protein required for embryo sac and leaf development. *The Plant Cell* 19:46-62.

Feil B., R Thiraporn., G Geisler., P Stamp. 1990. Root traits of maize seedlings indicators of nitrogen efficiency *Plant and Soil.* 123. 155-159.

Galinat, W.C. 1988. The origin of corn. *In* G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. *Corn and corn improvement*, p. 1-31. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.

Goodman, M.M. 1988. The history and evolution of maize. *CRC Crit. Rev. Plant Sci.*, 7: 197-220.

Gutiérrez A. M. F Santacruz R. J. L. Cabrera P. B. Rodríguez G. Mejoramiento genetico vegetal in vitro. 2003 art.

Hallauer A R, F O Miranda (1988) Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press. USA. 468 p.

Hochholdinger, F., 2004. Genetics of root formation in maize (*Zea mays* L.) “Reveals Root-Type specific developmental programs”. *Ann. Bot.*, **93**: 359-368.

Illis, H.H. 1983. From teosinte to maize: the catastrophic sexual transmutation. *Science*, 222: 886-894.

Importancia del Maíz en el Sector Agropecuario Nacional, SIAP (1996-2006)
www.siap.sagarpa.gob.mx.

Kato T., Mapes C., Mera M., Serratos J. y Bye, R. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Mexico, D.F.

Kermicle J L (1969) Androgenesis conditioned by a mutation in maize. *Science* 166:1422-1424.

Kermicle J L (1971) Pleiotropic effects on seed development of the indeterminate gametophyte gene in maize. *Am. J. Bot.* 58:1–7.

Kuleshov, N.N. 1933. World's diversity of phenotypes of maize. *J. Am. Soc. Agron.* 25: 588-700.

Livini C P, A Brandolini, C Lorenzoni, M Motto (1992) Evaluation of three cycles of recurrent selection for yield in a opaque-2 variety of maize. *Maydica* 37:89-93.

Longley, A.E. 1941. Chromosome morphology in maize and its relatives. *Bot. Rev.*, 7: 263-289.

Mangelsdorf, P.C. 1986. The origin of corn. *Sci. Am.*, 255(2): 72-78.

Márquez F. S. L Sahagún C, E Barrera G. Nuevo método de mejoramiento genético para resistencia a sequía en maíz. 30/03/2009, pg.9 Art.

Méndez. G., J. Solorza., M. Velázquez., N. Gómez., O. Paredes., y L.A. Bello.,2005. Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y Variedades de maíz cultivadas en México. pp 267-274.

Meraz F. Ma.L. 2014. Valoración agronómica morfológica y bioquímica de líneas de maíz con el carácter tallos gemelos.

MORGAN, D.T.JR.; RAPPLEYE, R.D. 1951. Polyembryony in maize and Lily, following X-irradiation of the pollen. *J. Hered.* 42:91-93.

Nunez, T.C. y E.T. Ocoy, 2008. "Polyembryony in makapuno (*Cocos nucifera* L.) hybrids". *Phillipine Jour. Crop Sci.*, 122-123.

Organización de las naciones unidas para la agricultura, FAO (2003).
<http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s08.htm>.

Paliwal, L.P., G. Granados, J.P. Marathée. 2001. El Maíz en los Trópicos: mejoramiento y producción. FAO. Roma, Italia.

Paliwal, L.R., 2001.El maíz en los trópicos: Mejoramiento y Producción. ISSN. 1014-3041.

Paliwal, L.R. 2003. El maíz en los trópicos Mejoramiento y Producción. FAO.

Pesev N, R Petrovic, Lj Zecevic, M Milosevic (1976) Study of possibility in raising maize inbred lines with two embryos. Theor. Appl. Genet. 47:197–201.

Pilu R (2000) The twin trait maize. Maize Gen. Coop. Newsl. 74:51.

Pliego M.J.A. 2014. Caracterización en plántulas de genotipos segregantes de la Poliembrionía en maíz. Ingeniero Agrónomo en producción por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Coahuila, Mex.

Ross, W.M. y J.A. Wilson, 1969. “Polyembryony in sorghum”. *Crop Sci.*, 9:842-843

Producción Mundial de Maíz.com <http://www.produccionmundialmaiz.com/> 28 de Noviembre del 2014.

Rebolloza H.H., J. Espinoza., D. Sámano., V. M. Zamora., 2011.Herencia de la Poliembrionía en dos Poblaciones Experimentales de Maíz. RevistaFitotecnia Mexicana, Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo,México pp. 28-33.

Ritchie S. W. J.J Hanway y Garren. O Benson, 1992. How a corn plant develops. Special report No. 48. Iowa State University and Technology Cooperative Extension Service. Ames. Iowa. pp. 3-7

Sánchez G. J.J. 2011. Diversidad del maíz y el Teocintle. Informe preparado para el proyecto “Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestre en México.

Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, SAGARPA, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> 30 de Diciembre 2014.

Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, SAGARPA, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. Situación actual y perspectivas del maíz en México PDF, 1996-2010.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> 30 de Noviembre 2014.

Understanding evolution

http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/evo_17_sp_2005.

Valdez Lara, E Lizbeth. 2005. Ganancia en calidad nutrimental del grano como respuesta asociada a la selección para Poliembrionía en maíz. Tesis de maestría en ciencias en Fitomejoramiento por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp 92.

Velázquez P. D.F 2013, Poliembrionía y Enanismo en Genotipos Segregantes DE cruzamientos entre una Población de Maíz Poliembriónico y Líneas Endogámicas. Ingeniero Agrónomo en producción por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Coahuila, Mex.

Webber, J.M. 1940. Polyembryony. Bot. Rev. 6(11):575-598.

Weyhrich R A, K R Lamkey, A R Hallauer (1998) Effective population size and response to S1- progeny selection in the BS11 maize population. Crop Sci. 38:1149-1158.

APÉNDICE DE CUADROS

Cuadro A.1 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 5d.

FV/V	PSI	PG	LRA	PF	PS
GLG	3	3	3	3	3
GLEE	4	4	4	4	4
CMG	0.002	750.9	1.96	0.004	0.001
CMEE	0.0004	102.1	0.04	0.002	0.0003
FCAL	4.6	7.4	48.5	2.8	3.4
FT	0.1	0.04	0.001	0.18	0.13
R2	0.77	0.85	0.97	0.67	0.7
CV	6.0	14.1	10.7	7.4	5.8
MEDIA G	0.327	71.7	1.9	0.520	0.30

Cuadro A.2 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 10d.

FV/V	PSI	NRS	NRC	NH	LME	LRA	LT	PFR	PFT	PSR	PST
GLG	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GLEE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
CMG	0.0006	0.45	0.96	0.66	0.21	1.16	1.64	0.069	0.076	0.001	0.045
CMEE	0.0001	0.34	0.071	0.020	0.021	0.49	0.12	0.004	0.002	0.0002	0.0005
FCAL	5.0	1.35	13.6	33.37	9.860	2.36	14.15	16.75	39.91	8.07	95.04
FT	0.077	0.38	0.01	0.003	0.03	0.21	0.01	0.01	0.002	0.04	0.0004
R2	0.79	0.50	0.91	0.96	0.88	0.64	0.91	0.93	0.97	0.86	0.99
CV	3.4	15.65	40	17.95	11.91	3.73	7.60	5.66	8.09	6.30	5.08
MEDIA G	0.315	3.7	0.67	0.78	1.21	18.78	4.48	1.13	0.54	0.21	0.43

Cuadro A.3 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 15d.

FV/V	PSI	NRS	NRC	NH	LME	LRA	LT	PFR	PFT	PSR	PST
GLG	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GLEE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
CMG	0.001	0.77	0.97	0.34	0.12	33.56	0.57	0.07	0.30	0.001	0.004
CMEE	0.0004	0.19	0.13	0.06	0.01	2.01	0.45	0.01	0.02	0.0002	0.001
FCAL	2.27	4.06	7.59	5.41	12.04	16.67	1.27	11.51	18.40	4.80	6.26
FT	0.22	0.10	0.04	0.07	0.02	0.01	0.40	0.02	0.01	0.08	0.05
R2	0.63	0.75	0.85	0.80	0.90	0.93	0.49	0.90	0.93	0.78	0.82
CV	6.38	13.67	8.39	12.30	9.56	4.45	7.75	4.07	7.36	6.04	13.41
MEDIA G	0.33	3.18	4.26	2.05	1.03	31.89	8.62	1.90	1.73	0.21	0.19

Cuadro A.4 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 20d.

FV/V	PSI	NRS	NRC	NH	LME	LRA	LT	PFR	PFT	PSR	PST
GLG	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0
GLEE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0
CMG	0.0010	0.48	5.73	0.07	0.19	14.26	4.39	0.48	0.86	0.01	0.01
CMEE	0.0001	0.22	0.21	0.05	0.02	7.07	3.32	0.10	0.29	0.0002	0.001
FCAL	15.87	2.19	26.78	1.28	11.30	2.02	1.32	4.65	3.01	23.73	11.9
FT	0.01	0.23	0.004	0.40	0.02	0.25	0.38	0.09	0.16	0.01	0.018
R2	0.92	0.62	0.95	0.49	0.89	0.60	0.50	0.78	0.69	0.95	0.9
CV	2.50	12.50	6.45	9.44	11.32	6.52	14.17	8.17	14.01	4.38	7.9
MEDIA											
G	0.32	3.76	7.17	2.46	1.13	40.80	12.85	3.95	3.81	0.34	0.4

Cuadro A.5 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 25d.

FV/V	PSI	NRS	NRC	NH	LME	LRA	LT	PFR	PFT	PSR	PST
GLG	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GLEE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
CMG	0.001	0.52	1.97	0.09	0.10	30.85	4.87	1.09	32.84	0.01	0.20
CMEE	0.0002	0.07	1.30	0.09	0.02	15.15	2.85	0.56	4.76	0.002	0.01
FCAL	5.34	7.99	1.51	1.03	4.54	2.04	1.71	1.94	6.90	4.60	15.56
FT	0.07	0.04	0.34	0.47	0.09	0.25	0.30	0.26	0.05	0.09	0.01
R2	0.80	0.86	0.53	0.44	0.77	0.60	0.56	0.59	0.84	0.78	0.92
CV	4.60	7.03	12.11	8.06	14.05	5.92	7.32	11.04	14.94	10.42	7.99
MEDIA											
G	0.33	3.64	9.43	3.69	1.05	65.69	23.09	6.80	14.61	0.48	1.42

Cuadro A.6 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 30d.

FV/V	PSI	NRS	NRC	NH	LME	LRA	LT	PFR	PFT	PSR	PST
GLG	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GLEE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
CMG	0.001	0.58	2.89	0.05	0.12	144.58	16.93	9.38	12.10	0.05	0.19
CMEE	0.0003	0.17	1.70	0.16	0.01	6.13	5.04	0.73	1.43	0.01	0.08
FCAL	2.98	3.53	1.70	1.18	16.71	23.57	3.36	12.78	8.48	3.72	2.36
FT	0.16	0.13	0.30	0.42	0.01	0.01	0.14	0.02	0.03	0.12	0.21
R2	0.69	0.73	0.56	0.47	0.93	0.95	0.72	0.91	0.86	0.74	0.64
CV	5.42	11.81	12.46	6.42	7.16	4.00	8.51	8.53	6.11	13.42	13.76
MEDIA											
G	0.32	3.44	10.45	4.09	1.19	61.95	26.37	10.04	19.54	0.87	2.08

Cuadro A.7 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 35d.

FV/V	PSI	NRS	NRC	NH	LME	LRA	LT	PFR	PFT	PSR	PST
GLG	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GLEE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
CMG	0.001	0.16	18.84	0.22	0.17	36.54	44.90	64.18	306.01	0.13	11.86
CMEE	0.0003	0.01	0.94	0.09	0.01	6.19	2.57	5.73	41.61	0.10	0.46
FCAL	2.56	13.49	19.98	2.47	11.61	5.90	17.48	11.20	7.35	1.30	25.86
FT	0.19	0.01	0.01	0.20	0.02	0.06	0.01	0.02	0.04	0.39	0.004
R2	0.66	0.91	0.94	0.65	0.90	0.82	0.93	0.89	0.85	0.49	0.95
CV	5.24	3.46	7.20	6.18	10.89	2.95	4.91	8.75	14.71	14.35	9.25
MEDIA											
G	0.32	3.14	13.49	4.88	1.10	84.41	32.66	27.35	43.85	2.17	7.32

Cuadro A.8 Análisis de varianza para variables métricas en tratamiento 40d.

FV/V	PSI	NRS	NRC	NH	LME	LRA	LT	PFR	PFT	PSR	PST
GLG	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
GLEE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
CMG	0.001	0.17	39.27	0.01	0.15	145.61	14.41	57.08	698.70	0.23	3.54
CMEE	0.0001	0.12	0.59	0.05	0.07	39.47	6.08	8.48	42.26	0.05	0.35
FCAL	8.46	1.37	66.57	0.24	2.21	3.69	2.37	6.73	16.53	4.61	10.07
FT	0.03	0.37	0.001	0.86	0.23	0.12	0.21	0.05	0.01	0.09	0.02
R2	0.86	0.51	0.98	0.15	0.62	0.73	0.64	0.83	0.93	0.78	0.88
CV	2.88	8.20	4.44	3.61	23.10	6.18	5.64	5.84	5.79	6.79	6.39
MEDIA											
G	0.32	4.29	17.32	6.27	1.12	101.73	43.71	49.91	112.34	3.27	9.27