

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Selección Recurrente entre Líneas S_1 y Determinación de Parámetros Genéticos
Del Crecimiento de la Raíz en Maíz Tropical

Por:

IVAN RUBISEL BAUTISTA GOMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Selección Recurrente entre Líneas S₁ y Determinación de Parámetros Genéticos del Crecimiento de la Raíz en Maíz Tropical

Por:

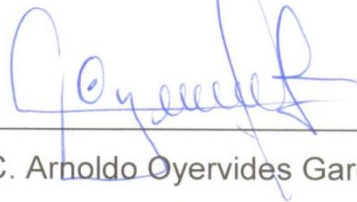
IVAN RUBISEL BAUTISTA GÓMEZ

TESIS

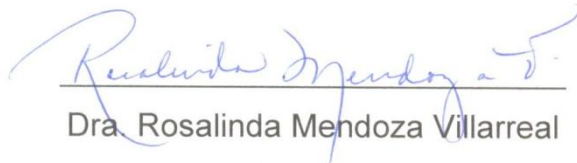
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría



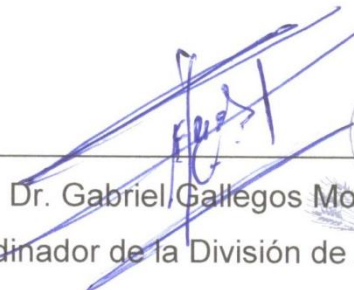
M.C. Arnoldo Oyervides García
Asesor Principal



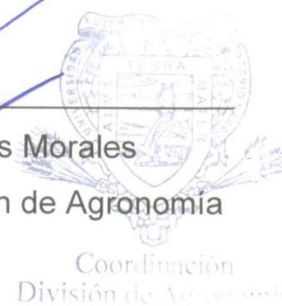
Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Coasesor



Ing. Alejandro Arredondo Osorio
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2016

DEDICATORIA

Con cariño y amor a mis padres Alfonso Bautista y María del Rocío, en todo momento me dieron su apoyo.

A mis hermanos Gustavo, Alfonso, Ehitanael, Ángel de Jesús, Juan Uriel, Noe y Yunery por su apoyo y comprensión.

A mis amigos que están en mi memoria.

Con respeto y admiración al M.C. Arnoldo Oyervides G. y el ingeniero Alejandro Arredondo Osorio por ser mis amigos y mentores en esta casa de estudio.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de Formar mis estudios.

A los integrantes del comité de Tesis M.C. Arnoldo Oyervides García, Ing. Alejandro Arredondo Osorio, Rosalinda Mendoza Villareal y Leopoldo Arce Gonzales por su valioso tiempo al prestar el interés en este trabajo de Investigación.

ÍNDICE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	VII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos:.....	4
Hipótesis	4
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
Morfología del maíz tropical.....	5
Sistema Caulinar - Vegetativo.....	5
Sistema Caulinar - Reproductivo	6
Granos de Polen y Estigmas.....	7
Frutos y Semillas.	7
Plántula.....	8
Sistema Radicular.....	8
Tipos de maíz.	9
Hidroponía	11
Selección recurrente.....	12
Selección Familiar.....	15
Familia de Medios Hermanos	15
Familia de Hermanos Completos.....	15
Familia de autohermanos.	15
Familia de medios hermano Paternos.	15
Selección familiar de autohermanos.	15
Métodos Genotécnicos de la selección familiar.....	16
Parámetros genéticos.....	16
Estudios sobre parámetros genéticos.....	17
Estudios sobre raíz.	19
III. MATERIALES Y METODOS	27

Descripción del material Experimental.....	27
Metodología.	27
Variables a evaluar.	27
Análisis estadístico	28
Cálculo de los componentes de varianza de heredabilidad (S), error estándar de las heredabilidad.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	34
Correlación:.....	43
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. BLIOGRAFIA.....	46
VII. APÉNDICE.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 4.1. Resultados del análisis de varianza para longitud de la raíz de.....	34
193 progenies.	34
Cuadro 4.2. Primer Grupo muestra las medias de los materiales de media más alta de Longitud de raíz.	36
Cuadro 4.3. Grupo 5 longitud de raíz.....	37
Cuadro 4.4. Grupo 6 longitud de raíz	37
Cuadro 4.5. Resultados del análisis de varianza para Número de raíz de.....	38
195 progenies.	38
Coeficiente de variación: 11.64139	38
Cuadro 4.6. Grupo 1, número de raíz.	40
Cuadro 4.7. Grupo 2, número de raíz.	40
Cuadro 4.8. Grupo 6, número de raíz.	41
Cuadro 4.9. Grupo 7, número de raíz.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 4.1. Grafica de longitud de raíz, agrupación de acuerdo a Desviación estándar.....	35
Figura 4.2. Grafica de Numero de raíz, agrupación de acuerdo a su desviación estándar.....	39
Figura 4.3. Grafica de dispersión, correlación entre longitud y número de raíz. ...	43

RESUMEN

El estudio de la raíz en el maíz para el mejoramiento es poco común para los Fitomejoradores, es un órgano que no ha sido tomado en cuenta, la selección recurrente de una población de familias S_1 de estudio de raíz se aplicó para este trabajo.

Los objetivos de este trabajo fueron estimar la variabilidad genética y los parámetros genéticos de líneas S_1 y ver la correlación entre la variable longitud y número de raíz para maíz tropical proveniente de Úrsula Galván, Veracruz. El trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el departamento de Agro física utilizando 195 líneas S_1 de familias de autohermanos, el experimento se sembró en septiembre del 2015 en piletas hidropónicas sin solución nutritiva que contenía 195 canaletas, cada canaleta con 10 orificios se colocó una semilla de cada línea teniendo como resultado 10 repeticiones por cada línea y 195 tratamientos, a los 15 días después de la siembra se midió la longitud y número de raíz de todas las líneas, se utilizó un diseño de bloque al azar desbalanceado.

Para las dos variables se obtuvieron diferencia significativa y en los parámetros genéticos para longitud de raíz se estimó; para la varianza aditiva $\sigma^2 = 0.3453708$, $\sigma^2 F = 0.08006753$, $\sigma^2 f = 0.11460461$, $h^2 = 69.86$, $EE(h^2) = 0.01175236206$, $CV_A = 6.236$ y $\Delta G_s\% = 10.95\%$.

Para número de raíz se estimó; la varianza aditiva $\sigma^2 = 0.1293691$, $\sigma^2 F = 0.038593124$, $\sigma^2 f = 0.05153000034$, $h^2 = 74.89$, $EE(h^2) = 0.005241361464$, $CV_A = 6.39$ y $\Delta G_s\% = 13.078\%$.

En la correlación de longitud y número de raíz no hubo una asociación positivamente ni negativa y servirá para fines de mejoramiento para tomar en cuenta resultados separados entre longitud y número de raíz.

Se obtuvieron 12 líneas S₁ de cada variable para la siguiente recombinación y obtención de nuevo material genético mejorado.

Palabras clave: Familia de autohermanos, longitud, número de raíz, heredabilidad, ganancia genética, hidroponía.

Correo Electronico; Ivan Rubisel Bautista Gómez,
agrónomo_horticultor@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN.

El maíz, es el cultivo más importante de México y el de grano blanco, se utiliza principalmente para la elaboración de las tradicionales tortillas y tamales, pero de él también puede obtenerse aceite e insumos para la fabricación de barnices, pinturas, cauchos artificiales y jabones entre otros. El de grano amarillo, también se utiliza para consumo humano, en una amplia variedad de platillos; sin embargo su principal destino es la alimentación pecuaria y la industria para el uso de almidones (SIAP, 2014)

El maíz en los trópicos, es cultivado en una gran diversidad de ambientes, mucho mayor, que en las que se encuentra entre los ambientes, en que es cultivado el maíz en zonas templadas siendo estas más benignas. El ciclo de cultivo puede variar de doce meses, como en el caso de algunas variedades extra-tardías de las tierras altas por frías y nubladas hasta de tres meses con maíces ultra-precoces. Los sistemas de cultivo del maíz incluyen una amplia variedad de métodos de manejo agrícola desde sistemas de mono-cultivo altamente intensivos, mecanizados y con altos niveles de insumos hasta los sistemas de subsistencia en pequeñas parcelas sin o con bajo niveles de insumos, cultivado en asociación u otras formas con otros cultivos y usando solo trabajo manual. Por lo tanto, las variedades de maíz que se utilizan en los trópicos varían desde variedades con alto desarrollo tecnológico como híbridos simples hasta variedades sintéticas de polinización abierta o variedades de los agricultores conocidas como variedades primitivas o criollas. (Smith y Paliwal, 1996).

El mejoramiento y el cultivo del maíz, son un proceso evolucionario en el cual algunas etapas tienen necesariamente que evolucionar antes de poder continuar. Estas etapas son: recursos genéticos, variedades y poblaciones mejoradas sintéticas, de amplia base genética, híbridos no obtenidos a partir de líneas puras;

sintéticas de base estrecha, como híbridos de líneas puras, simples, triples y dobles.

El objetivo básico de un programa de mejoramiento genético, para sustituir una población criolla, es el de formar o adecuar grupos y poblaciones que tengan un germoplasma útil, para crear variedades nuevas y superiores de polinización abierta, como son las variedades sintéticas, o para el desarrollo de líneas puras superiores que puedan formar combinaciones híbridas altamente productivas. (FAO, 2015).

Lonquist (1967) dio una descripción cabal, de un grupo de genes de base amplia. Esencialmente, es una mezcla genética de genotipos disponibles de maíz adaptables al área para la cual se buscan materiales mejorados. Reuniendo un gran número de genotipos diversos, resulta una mayor variabilidad genética, la cual da lugar a un mayor potencial de selección. En estos casos, puede ser agregado al grupo de genes, germoplasma local y exótico con características potenciales deseables. Un grupo de genes o población de base amplia, compuestas de germoplasma adaptado a las condiciones locales, junto con nuevas fuentes de colecciones de bancos de germoplasma y otras fuentes de razas, considerado como germoplasma exótico, tendrán en un principio un comportamiento pobre; será necesaria cierta re-finación y más tiempo y trabajo para mejorarlas, pero tendrá el potencial para buenas ganancias a largo plazo. Tendrá también mayor flexibilidad para el desarrollo de los productos de ese germoplasma. Un grupo de genes es por lo tanto considerado un depósito abierto para los programas de mejoramiento a largo plazo. Los términos grupos de genes y poblaciones muy a menudo se intercambian; sin embargo, en lo que hace a su estructura genética, una población de maíz será más refinada y mejorada, con una base genética más estrecha y dirigida a un ambiente para el cual se desarrollarán variedades o híbridos.

El estudio de la raíz, ha estado ganando importancia para el desarrollo de los genotipos del maíz, tolerante al estrés (agua, plagas, enfermedades, nutricionales, entre otros), como el caso de la anatomía, la morfología el tamaño

de las raíces, que han sido descrito por varios autores, en este trabajo, se realizó con el objetivo de fines de mejoramiento genético con una amplia base genética, se midió la longitud y número de raíces, se seleccionaron las más sobresalientes y se espera un beneficio en este carácter.

Objetivos:

1. Determinar si existe variabilidad Genética en la población para Crecimiento de raíz.
2. Determinar los parámetros genéticos de longitud de raíz y número de raíces.
3. Determinar si hay una correlación entre longitud y número de raíz.

Hipótesis

1. Ho. No existe variabilidad genética para crecimiento de raíz para diferente población de líneas.
Ha. Existe variabilidad genética para crecimiento de raíz para diferente población de líneas.
2. Ho. No se presentarán valores altos de los parámetros genéticos.
Ha. Se presentarán valores altos de los parámetros genéticos.
3. Ho. No está asociado la longitud y el número de raíces positivamente.
Ha. Está asociado la longitud y el número de raíces positivamente

II. REVISION DE LITERATURA.

El maíz, es un pasto gigante domesticado de origen tropical mexicano. Es usado, para producir granos y forraje, los cuales constituyen la base, para la elaboración de un buen número de alimentos tanto para nuestra especie, como para otros animales, así como para la industria, farmacéutica y manufacturera.

El maíz, es una planta alta, de ciclo biológico anual y crecimiento determinado. Sus hojas, ubicadas una frente a otra, son largas y angostas (Salvador, 2001).

Morfología del maíz tropical.

La planta de maíz tropical es alta, con abundantes hojas y un sistema radical fibroso, normalmente con un solo tallo, que tiene hasta 30 hojas. Algunas veces, se desarrollan una o dos yemas laterales en la axila de las hojas en la mitad superior de la planta; estas terminan en una inflorescencia femenina la cual se desarrolla en una mazorca cubierta por hojas que la envuelven; esta es la parte de la planta que almacena reservas. La parte superior de la planta termina en una inflorescencia masculina o panoja; esta tiene una espiga central prominente y varias ramificaciones laterales con flores masculinas, todas las que producen abundantes granos de polen.

Sistema Caulinar - Vegetativo

Las plántulas de maíz son visibles sobre la superficie cuando tienen tres hojas si bien sus puntos de crecimiento están aún bajo tierra. En esta etapa la planta muestra un crecimiento vigoroso el cual se origina en un solo punto de crecimiento que es el meristemo apical; todas las partes del tallo del maíz, tanto vegetativas como reproductivas, se producen a partir de este meristemo. El tallo consiste de cuatro estructuras básicas: los entre-nudos, las hojas, el perfilo y la yema o meristemo apical, que colectivamente son conocidas como el fitómero. El

número de fitómeros producido durante la fase vegetativa del desarrollo es regulada tanto por factores genéticos como ambientales (Galinat, 1959, Poething, 1994).

El maíz tropical es una planta alta, con muchas hojas y con un exceso de crecimiento vegetativo. La estructura general de la planta tiene un efecto importante sobre su productividad y el maíz tropical tiene un índice de cosecha mucho menor que el maíz de zona templada. Por lo general, el maíz cultivado en los trópicos no macolla y tiene un solo tallo principal.

(Esau 1977), menciona que el tallo tiene tres componentes importantes en sus tejidos: la corteza o epidermis, los haces vasculares y la médula. Los haces vasculares están ordenados en círculos concéntricos con una mayor densidad de haces y anillos más cercanos hacia la zona periférica epidérmica; su densidad se reduce hacia el centro del tallo. La mayor concentración de haces vasculares debajo de la epidermis proporciona al tallo resistencia contra el vuelco.

Sistema Caulinar - Reproductivo

Dellaporta y Calderón, (1994) Describen el maíz, como una planta monoica; desarrolla inflorescencias con flores de un solo sexo las que crecen siempre en lugares separados de la planta. La inflorescencia femenina o mazorca crece a partir de las yemas apicales en las axilas de las hojas y la inflorescencia masculina o panoja se desarrolla en el punto de crecimiento apical en el extremo superior de la planta. Inicialmente, ambas inflorescencias tienen primordios de flores bisexuales; durante el proceso de desarrollo los primordios de los estambres en la inflorescencia axilar abortan y quedan así solo las inflorescencias . Del mismo modo, los primordios de gineceos en la inflorescencia apical abortan y quedan entonces solo inflorescencias masculinas. La determinación del sexo en el maíz es un proceso complejo que involucra una interacción entre determinantes genéticos, ambientales, giberelinas y hormonas de la planta del tipo de los esteroides.

Granos de Polen y Estigmas.

Cheng y Pareddy, (1994). Menciona que los estigmas son la prolongación del canal del estilo de los óvulos maduros en la mazorca. Dependiendo de la longitud de la mazorca y de las hojas que las cubren, los estambres pueden crecer hasta 30 centímetros o más para llegar al extremo de las hojas de cobertura o espatas. Los estambres están cubiertos por numerosos pelos o tricomas colocados en ángulo abierto con el estambre, donde serán retenidos los granos de polen. El desarrollo de las flores femeninas y de los óvulos en la mazorca es acropétalo, desde la base hacia arriba. Sin embargo, y debido probablemente a la fertilización más temprana, el desarrollo del grano comienza a cinco centímetros por encima de la base de la mazorca. El desarrollo de los estambres continúa por varios días y los estambres receptivos aparecen en tres a cuatro días; permanecen receptivos y continúan creciendo por varios días más después de su emergencia por encima de las hojas de cobertura hasta que son polinizados.

El polen de maíz es una estructura trinuclear; tiene una célula vegetativa, dos gametos masculinas y numerosos granos de almidón; su gruesa pared tiene dos capas, la exina y la intina y es bastante resistente. A causa de las diferencias de desarrollo entre las florecillas superiores e inferiores en las espiguillas masculinas y la maduración asincrónica de las espigas, el polen cae continuamente de cada espiga por un período de una semana o más.

Frutos y Semillas.

El grano o fruto del maíz es un cariopse. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide. La parte más externa del endosperma en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona. Esau, (1977).

Plántula.

Onderdonk y Ketcheson, (1972). Mencionan que cuando la semilla se siembra en suelo húmedo, absorbe agua y comienza a hincharse, un proceso que procede más rápidamente a temperaturas altas como las que prevalecen en muchos ambientes tropicales en la estación húmeda; bajo estas condiciones, la semilla empieza a germinar en dos o tres días. En el invierno o en condiciones de bajas temperaturas del suelo como en las tierras altas, el proceso se demora y la emergencia de la radícula puede ocurrir a los seis u ocho días, dependiendo de la temperatura del suelo. Contrariamente a esto, la temperatura del suelo en algunos ambientes puede ser tan alta que la semilla puede morir, especialmente si falta humedad, por ejemplo en el cultivo de maíz de secano sembrado en suelo seco a la espera de las lluvias.

Cuando se inicia la germinación, la coleorriza se elonga y sale a través del pericarpio; después aparece la radícula a través de la coleorriza. Inmediatamente después de la emergencia de la radícula también emergen tres o cuatro raíces seminales. Al mismo tiempo o muy pronto después, la plúmula cubierta por el coleoptilo emerge en el otro extremo de la semilla; el coleoptilo es empujado hacia arriba por la rápida elongación del mesocotilo, el cual empuja al naciente coleoptilo hacia la superficie de la tierra.

Sistema Radicular.

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

entre siete y diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo. Estas raíces adventicias se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas. El sistema de raíces seminales mencionado antes puede continuar activo durante toda la vida de la planta, pero sus funciones son insignificantes. El sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta y además absorbe agua y nutrimentos. (Mistrik y Mistrikova, 1995) encontraron que el sistema de raíces adventicias seminales constituye cerca del 52% y que el sistema de nudos de las raíces es el 48% de la masa total de raíces de la planta de maíz.

Algunas raíces adventicias o raíces de anclaje emergen a dos o tres nudos por encima de la superficie del suelo; en algunos cultivares de maíz también se pueden desarrollar en un número mayor de nudos. La principal función de estas raíces es mantener la planta erecta y evitar su vuelco en condiciones normales. Se cree ahora que estas raíces también colaboran en la absorción de agua y nutrimentos (Feldman, 1994).

Los distintos genotipos de maíz presentan marcadas diferencias en su sistema radical en lo que hace a su hábito, a su masa de raíces, al número de ramificaciones por unidad de longitud y a la difusión lateral de las raíces (Feldman, 1994). A causa de las dificultades que se encuentran para el estudio del sistema radical, invisible y subterráneo, las diferencias genéticas en el sistema radical del maíz no han sido debidamente estudiadas y explotadas. Algunos estudios recientes en líneas puras de maíz cultivadas bajo diferentes niveles de nitrógeno mostraron diferencias en la respuesta de la plasticidad del sistema radical a los distintos niveles de nitrógeno (Smith y Van Beem, 1995).

Tipos de maíz.

Salvador, (2001). Menciona que la característica variable del maíz que más se relaciona con sus usos como alimento es la composición de su endospermo, carácter usualmente controlado por uno o unos pocos genes de

herencia simple. Una sencilla clasificación utilitaria del maíz basada en las características del endospermo distingue cinco tipos:

Palomero (reventador)- El tipo domesticado original, consiste de pequeños frutos esféricos con un núcleo de almidón harinoso (suave) y una capa de endospermo compacto (duro). La humedad atrapada en el almidón harinoso se expande mediante la aplicación de calor haciendo que el almidón salga a través de dicha capa endurecida, produciendo así las populares palomitas. Este tipo de maíz comprende menos del 1 % de la producción comercial.

Cristalino (duro) - Similar al maíz reventador, pero con frutos más largos. El maíz cristalino probablemente fue desarrollado a partir de maíces palomeros mediante la selección de frutos de mayor tamaño y rendimiento. Este tipo de maíz es producido en áreas donde puede requerirse tolerancia al frío o bien en zonas donde las condiciones de germinación y almacenaje son pobres. Actualmente comprende un 14% de la producción comercial.

Harinoso (blando)- El descubrimiento y selección de esta característica constituyó un paso esencial para la amplia dispersión, desarrollo y adopción de una gran cantidad de alimentos elaborados a base de maíz. La harina de maíz continúa siendo la forma preferida para la elaboración de productos de consumo humano directo, debido a que consiste de almidón blando que es fácilmente utilizable para producir alimento que puede consumirse directamente (pinole), o bien para elaborar pan plano (tortilla), masa cocida (tamal) o bebidas (atole). En la actualidad involucra el 12% de la producción comercial.

Dentado – Consiste de un núcleo de almidón harinoso con inclusiones laterales de almidón duro. Debido a que el ápice del fruto consiste de almidón harinoso, la pérdida de humedad de esta área al alcanzar la madurez causa un ligero colapso en el volumen lo cual le brinda la típica apariencia de un diente. Este es el tipo de maíz que se produce más a nivel mundial, involucrando un 73% de la producción

comercial, siendo usado en la alimentación del ganado así como para diversos productos industriales (almidón, jarabe, aceite, alcohol).

Dulce – El endospermo consiste principalmente de azúcar soluble, con un poco de almidón y una forma intermedia de un polímero de azúcar llamado fitoglicógeno. La producción comercial es escasa (< 1%), razón por la cual su precio resulta elevado de modo similar a los vegetales procesados en las economías industriales.

Hidroponía

Guzmán, (2004), menciona que la palabra hidroponía significa literalmente trabajo en agua. El diccionario de la Real Academia Española de la lengua lo define como el cultivo de plantas en soluciones acuosas; sin embargo, actualmente la palabra involucra todas aquellas formas en que se cultivan plantas con algún soporte (arena, grava, carbón, etc.), sin el uso de suelo, en donde son alimentadas mediante una solución de nutrimentos minerales (sales minerales) que se les suministra por medio del agua de riego.

Es una técnica alternativa y relativamente nueva en nuestro medio para producir cultivos saludables. Esta técnica permite cosechas en períodos más cortos que la siembra tradicional (precocidad), mejor sabor y calidad del producto, mayor homogeneidad y producción.

También favorece un ahorro considerable en el uso del agua de riego en la época seca y es una técnica económica, eficiente y racional en cuanto a la aplicación de los nutrimentos minerales (sales minerales o fertilizantes). Por otra parte, disminuyen los problemas relacionados con enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, y en su lugar se pueden utilizar sustancias orgánicas repelentes que le permiten al productor obtener cosechas de muy buena calidad y libres de residuos tóxicos; de esta forma la familia consumirá alimentos más frescos y sanos. Es importante resaltar en ese sentido la protección que también se le da al medio ambiente con el uso de esta técnica.

Selección recurrente.

Son métodos de mejora en los cuales se llevan a cabo ciclos alternantes de selección y cruzamiento.

El objetivo de la selección es elevar la frecuencia de genes favorables mediante el cruzamiento de las mejores plantas entre sí, en cambio el cruzamiento es utilizado para mantener la variabilidad genética, la cual permite obtener las mejores combinaciones génicas. Ramírez, (2016), este mismo autor explica y clasifica los tipos de selección recurrente en:

Selección recurrente simple o para fenotipo, consiste en una prueba de descendencias con reserva de semilla. No requiere de pruebas para aptitud combinatoria (A.C.), y se basa en el fenotipo de la planta, ciclos de un año, por lo que solo es aplicable a caracteres con alta heredabilidad. Es una extensión de la selección masal a la que se agrega autofecundación y cruzamientos de las mismas en todas direcciones, antes de comenzar un nuevo ciclo de selección.

Selección recurrente para aptitud combinatoria (A.C.), se mide por el comportamiento del genotipo o población en cruzamientos comparables. La cual mide la capacidad de producir heterosis en ciertos caracteres, que suelen ser los económicos.

La aptitud combinatoria específica (A.C.E), es cuando el genotipo o población produce híbridos valiosos, en cruzamientos con determinados genotipos o poblaciones. La A.C., es hereditaria, como se ha demostrado en maíz, en la alfalfa y en muchas plantas forrajeras y pratenses.

Es decir, que cruzando genotipos de diferente A.C., hay una segregación de ésta en las descendencias, la cual puede ser transgresiva, lo que permite la mejora de tal A.C.

La aptitud combinatoria general (A.C.G.), que es el caso en el que el genotipo o población produce, buenos híbridos en todos los cruzamientos en que entra. Su

interés es la mejora de las variedades o poblaciones alógamas o de las líneas consanguíneas.

En cualquier caso se elige un probador (tester) adecuado, el cual podrá ser un genotipo determinado, con lo que los ciclos de recurrencia intentarán acumular genes para a.c.e., o una población, en cuyo caso se mejorará la a.c.g. Es muy importante que el probador tenga una base genética amplia.

Se siembra una parcela, con plantas espaciadas, de la población que se trata de mejorar y al mismo tiempo se siembra otra parcela del probador. En la primera de estas parcelas se eligen plantas S y se hace con ellas una doble operación consistente en auto fecundarlas y cruzarlas como padres (polen) con el probador (como hembra). El segundo año, se siembran las descendencias obtenidas por autofecundación para realizar cruzamientos entre ellas de todas las maneras posibles, y a su vez se hacen ensayos comparativos con las descendencias obtenidas con el probador; ensayos que indicarán cuáles son las plantas de la población original que muestran mejor a.c.g. después se eligen las combinaciones realizadas entre las descendencias obtenidas por autofecundación, que incluyen las procedentes de plantas con buena a.c.g.

El siguiente ciclo de selección empezará con las plantas obtenidas en los cruzamientos no eliminados. El proceso será el mismo. Si la segunda etapa de cada ciclo se realizara en dos años en lugar de simultáneamente, entonces cada ciclo duraría 3 años. Este método es útil para aumentar el rendimiento y las condiciones de adaptabilidad de un gran número de cultivos alógamos.

Selección recurrente para aptitud combinatoria específica utiliza un método igual al anterior, excepción de que el probador tiene una base genética estrecha o restringida.

La selección recurrente recíproca, utiliza un método para mejorar a la vez la a. c. de una población A, a otra población B o viceversa. El objetivo es obtener dos nuevas poblaciones A' y B' que tengan mejor a. c. entre sí, que la que tenían las

poblaciones originales A y B. utilizando probadores de la población contraria. Las semillas resultado de la autofecundación de las plantas S₀ de las poblaciones A y B, que dieron progenies superiores en los cruzamientos se siembran como poblaciones separadas y se les permite que se entrecrucen. La semilla obtenida en cada población (A y B) se recoge en masa y se siembra como poblaciones distintas y se continúa con otro ciclo de selección. Al cabo del 2 ciclo se decide si se hace un tercer ciclo o si se utilizan las selecciones para obtener híbridos comerciales. Estos se obtienen por cruzamientos entre las poblaciones seleccionadas A y B. en ocasiones es necesario aplicar un tercer ciclo.

En todos los casos en que se necesite un probador, Lobato *et. Al.*, (2010) sugiere que la mejor selección para ello, es el probador que contiene todos los genes recesivos para el carácter de interés.

Lonquist, (1967), dio una descripción cabal de un grupo de genes de base amplia. Esencialmente, es una mezcla genética de genotipos disponibles de maíz adaptables al área para la cual se buscan materiales mejorados. Reuniendo un gran número de genotipos diversos, resulta una mayor variabilidad genética, la cual da lugar a un mayor potencial de selección. En estos casos puede ser agregado al grupo de genes, germoplasma local y exótico con características potenciales deseables. Un grupo de genes o población de base amplia compuestas de germoplasma adaptado a las condiciones locales junto con nuevas fuentes de colecciones de bancos de germoplasma y otras fuentes de razas así como germoplasma exótico tendrán en un principio un comportamiento pobre; será necesaria cierta refinación y más tiempo y trabajo para mejorarlas, pero tendrá el potencial para buenas ganancias a largo plazo. Tendrá también mayor flexibilidad para el desarrollo de los productos de ese germoplasma. Un grupo de genes es por lo tanto considerado un depósito abierto para los programas de mejoramiento a largo plazo. Los términos grupos de genes y poblaciones muy a menudo se intercambian; sin embargo, en lo que hace a su estructura genética, una población de maíz será más refinada y mejorada, con

una base genética más estrecha y dirigida a un ambiente para el cual se desarrollarán variedades o híbridos. La metodología para la formación de las poblaciones de las cuales se puedan derivar variedades y/o híbridos ha sido descrita por Pandey *et al.* (1984) y Pandey y Gardner (1992).

Selección Familiar.

Márquez, (1992) define a las familias:

Familia de Medios Hermanos

La familia de medios hermanos tiene el mismo progenitor femenino a la planta de la cual provienen, mientras que lo más seguro es que el progenitores masculinos sean diferentes entre sí.

Familia de Hermanos Completos.

Esta es la progenie del apareamiento entre dos individuos o cruza planta a planta. La familia puede derivar de la semilla proveniente de un cruzamiento (el directo) o bien este es el cruzamiento recíproco.

Familia de autohermanos.

La línea S_1 , o familia de autohermanos es la progenie derivada por autofecundación de una planta.

Familia de medios hermano Paternos.

Este es el conjunto de progenies derivados del apareamiento de una planta que funge como macho con varias hembras; por lo tanto, las progenies del macho con cada hembra son familia de medios hermanos completos, y el compuesto de familia de hermanos completos es la familia de medios hermanos paternos.

Selección familiar de autohermanos.

Las familias de autohermanos son en realidad líneas S_1 obtenidas por autofecundación de plantas S_0 . Tienen su origen en el problema sobre la decisión

del mejor probador para evaluar la aptitud combinatoria general de las líneas S_1 en maíz.

En otro campo de mejoramiento genético que motivo el método de selección familiar de líneas S_1 fue la selección recurrente. En estas las líneas S_1 se evalúan por su actitud combinatoria general o por su actitud combinatoria específica y con las líneas superiores se hacen los sintéticos mejorados.

Métodos Genotécnicos de la selección familiar

En la selección familiar un ciclo completo consta de tres etapas generales:

1. Obtención de las familias
2. Prueba de selección de Familias
3. Recombinación genética de semillas remanente de familias seleccionadas.

Según sea el tipo de familia, en cada etapa se harán las técnicas de campo particulares y un ciclo completo tomara un número de variable de año.

Parámetros genéticos.

La varianza aditiva

Es la causa principal del parecido entre parientes y determinante de las propiedades genéticas de una población y de la respuesta a la selección. Es la única que puede estimarse directamente a partir de observaciones hechas a la población.

Heredabilidad

En un sentido amplio, indica la proporción de la variación fenotípica que es atribuible a la variación genética.

En un sentido estricto, indica la proporción de la variación fenotípica que es atribuible a la variación genética aditiva, es decir, expresa la confiabilidad que tiene un determinado individuo seleccionado de originar descendencia similar a él

Varía entre 0 a 100% y en función de ella, se definirá el método o procedimiento de mejora a utilizar.

Respuesta de selección.

Mide el grado de mejora que se ha logrado en uno o en varios caracteres a lo largo de “n” ciclos de selección.

Avance genético

Es el valor predictivo de la respuesta de selección a obtener y depende de la presión de selección, es decir, el número de individuos que se seleccionaron, menciona Allard, (2000)

Estudios sobre parámetros genéticos.

Pimentel, (2008), estimó el parámetro genético de longitud de raíz en 317 líneas de maíz tropicales, para la longitud de raíz menciona que estadísticamente entre genotipos, reporta en los parámetros los siguientes resultado para la varianza aditiva $\sigma^2 F = 8.4567$, $\sigma^2 f = 12.2648$, $h^2 = 68.95$, $EE(h^2) = 0.18$, $CV_A = 71.90$ y $\Delta G_s\% = 11.76\%$. Obtuvo parámetros altos

Anderson *et al.*, (2012) estimaron los componentes genéticos para predecir y evaluar los avances de la ganancia genética en las poblaciones SynFlint y Syndent de maíz, con un método modificado de selección recurrente, dos ciclos de recombinación fueron realizados con 144 progenies s por ciclo obtenidas de cruzamiento con SynFlint, generando una población SynFlint x Syndent y otra SynFlint x SynFlint. Las progenies se evaluar S₁ en cinco ambientes en el primer ciclo de selección y en tres en el segundo ciclo de selección, en un lattice 12 x 12. La variabilidad genética fue significativa para la altura de la planta y altura de mazorca, peso de mazorca y prolificidad en el primer ciclo de selección y en altura de la planta y altura de inserción de mazorca

en el segundo ciclo. La intensidad de la selección practicada en el primer ciclo acabó con la variabilidad genética del peso de mazorca y de prolificidad. Se puede concluir que las dos poblaciones de maíz evaluadas no muestran niveles adecuados de variabilidad genética ni estimaciones de ganancias genéticas predichas para permitir su uso en programas de mejoramiento genético para obtener líneas e híbridos superiores; y que el método modificado de selección recurrente es ineficaz para aumentar el rendimiento en la población y entre las poblaciones.

Castañón, (1983), evaluó 230 líneas S_1 en tres zonas diferentes maiceras del país, se estableció en dos diferentes lugares y solo analizó una localidad en la segunda solo produjo pocas familias, el diseño que ocupó fue un bloques al azar desbalanceado, formó 23 grupos con diez progenies en cada grupo, no encontró diferencia significativa. Evaluó los parámetros genéticos y encontró 0.66% en temperatura baja, 0.91% en temperatura alta y p 0.79% para el promedio de ambas condiciones para la variable rendimiento expresado en ton/ha. en ganancia genética, y una heredabilidad de 0.73, 0.63 y 0.77 y en coeficiente de variación aditiva encontró 23.00, 26.62 y 24.53 lo cual posee suficiente variabilidad genética.

Fuentes, (1998), evaluó el progreso de selección del rendimiento, características agronómicas y cuantificación del daño causado por *Spodoptera frugiperda*, después de cuatro ciclos de selección en las poblaciones de maíz Ohio S_9 , Ohio S_{10} , Mayorbela y Diente de Caballo, bajo condiciones de control químico y de infestación natural. Encontró diferencias significativas entre las poblaciones y ciclos de selección, para las variables rendimiento, altura de planta y de mazorca y por ciento de pérdida de rendimiento causado por los insectos en estudio. El mayor rendimiento se obtuvo con la población Ohio S_{10} con 4.824 kgl/ha y 169 kg/ha (1,2%) de ganancia, por ciclo de selección. Los últimos ciclos de selección superan en rendimiento y características agronómicas al ciclo inicial de selección de cada población en mejoramiento. Las pérdidas en rendimiento causado por *S. frugiperda* y *H. zea* variaron entre 3-21 % y 17-28%,

respectivamente. Ohio S9 presentó la mayor pérdida de rendimiento causado por estos insectos.

Oyervides *et al.*, (1993), evaluó 224 familias de hermanos completos en tres localidades del trópico. Las variables fueron floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, número de mazorcas por 100 plantas y rendimiento. Se detectaron diferencias entre localidades, repeticiones dentro de grupos y localidades, familias dentro de grupos y en la interacción localidades por familias/grupos. Los coeficientes de variación genética, para días a floración masculina y femenina fueron 1,48 y 1,53 por ciento respectivamente, para altura de planta y mazorca de 5,27 y 8,54 por ciento respectivamente, y para número de mazorcas por 100 plantas y rendimiento fueron de 5,97 y 10,38 por ciento respectivamente. Las heredabilidades encontradas fueron: floración masculina 0,734, floración femenina 0,752, altura de planta 0,759, altura de mazorca 0,815, para número de mazorcas por 100 plantas 0,434 y para rendimiento 0,583. Detecto familias con buena aptitud combinatoria general.

Estudios sobre raíz.

Irriterra, (2012) mencionan que el sistema radicular es una estructura fundamental para la vida y productividad de los cultivos. Se debe decir que las raíces son un verdadero motor que cumple múltiples funciones necesarias de conocer y potenciar en beneficio de su crecimiento y de su productividad.

En primer lugar, las raíces cumplen una función de anclaje de la planta en el sustrato en el cual viven, se trate de suelo o, directamente, de un sustrato.

En segundo lugar, son responsables de la absorción de agua desde el suelo (uso consuntivo del agua).

También tienen la compleja misión de tomar los nutrientes desde la solución del suelo, siendo por lejos el órgano mejor preparado para este objetivo en comparación con las hojas o, eventualmente, con los frutos.

Paralelamente en la raíz se sintetizan numerosos compuestos esenciales para la vida y productividad de la planta, entre ellas los aminoácidos y proteínas a partir de la absorción del nitrógeno y su encuentro con los esqueletos carbonatados que provienen de la fotosíntesis; también fitohormonas, principalmente citoquininas y giberelinas; ácido abscísico y precursores del etileno.

Conjuntamente, en la raíz se produce la transformación de compuestos, como por ejemplo, el nitrato en amonio y los azúcares en ácidos orgánicos.

En algunos cultivos, el sistema radicular también tiene funciones de almacenamiento, entre otros compuestos, de almidón, de aminoácidos y de las proteínas sintetizadas en la planta, como también de los aminoácidos aportados vía riego tecnificado.

La raíz tiene una potente relación y dependencia mutua con el sistema “aéreo”, con el follaje, las ramas, las flores y los frutos. Podemos decir, sin duda, que si el follaje y la fruta están bien, la raíz está bien y viceversa. El follaje le aporta a la raíz azúcares para sus procesos metabólicos (demanda de energía), como también esqueletos carbonatados para la formación de aminoácidos y un grupo de hormonas muy importantes para el crecimiento de las raíces: las auxinas (ácido indol butírico y ácido indol ascético). El sistema radicular, por su parte, le envía nutrientes, agua y también hormonas de crecimiento (citoquininas y giberelinas), para las hojas, las ramillas, las flores y, especialmente, para el crecimiento de los frutos. Hay una sinergia intensa y productiva para las dos partes y, muy particularmente, para la parte aérea, donde nacen, crecen y maduran los frutos.

Walter J.H, (2013), menciona que el aluminio (Al) es un elemento perjudicial al solubilizarse en formas iónicas en suelos con pH menor a 5.

El síntoma más perceptible por toxicidad de aluminio es la reducción del crecimiento radical en longitud asociado con un incremento del diámetro de los ápices radiculares es por ello que se ve reducido el volumen de raíces.

La inhibición en el crecimiento de la raíz puede deberse a los siguientes eventos:

- 1) Alteración de la capacidad de intercambio de cationes de la pared celular.
- 2) Cambios en el potencial de membrana.
- 3) Inducción de estrés oxidativa vía peroxidación lipídica.
- 4) Reemplazo de Mg^{2+} o Fe^{3+} en reacciones celulares.
- 5) Interacción con citoesqueleto.
- 6) Interferencias con vía de señalización.
- 7) Unión directa con el DNA y RNA.

Dubrovsky y Shishkova, menciona que la raíz es un órgano de vital importancia para la vida de la planta los fotosintatos, se necesitan tanto para construir todos los órganos de la planta, como para obtener la energía para los procesos vitales. Como los fotosintatos no se producen en la raíz, tienen que ser transportados desde la parte aérea. Mencionan que por otro lado, se requieren dióxido de carbono y agua para el proceso de la fotosíntesis en la parte aérea de la planta, mientras que las sales, o nutrimentos minerales, se requieren para convertir los productos de la fotosíntesis en otros compuestos orgánicos, tanto en la parte aérea de la planta como en la raíz. La absorción de agua y sales, así como su transporte a la parte aérea, son las funciones más importantes de la raíz. Las plantas no pueden caminar y buscar estos recursos, por ende, para cumplir con su función la raíz tiene que aprender a extenderse y a formar nuevas raíces.

Estos son los enigmas más importantes que a su vez generan muchas preguntas más.

Guevara y Guenni, (2013), realizaron un estudio sobre Densidad y longitud de raíces en plantas de *Leucaena leucocephala* en un tubo de pvc de 75 cm de alto y 6 pulgadas de diámetro los tubos fueron distribuidos al azar a 20 cm entre tubo y 50 cm entre hileras de tubos, cada tubo contenía suelo franco arenoso incluido en una bolsa plástica se midieron cinco cosechas (15, 30, 45, 60 y 110 días después de la germinación). A los 45 DDG todas las accesiones alcanzaron los 75 cm de profundidad, el accesoión 18477 y el cv Perú acumularon mayor biomasa de las raíces en un período más corto, lo que le confiere en el período de establecimiento una gran capacidad de competencia por agua y nutrimentos. La densidad de longitud mostró un comportamiento similar en todas las accesiones para todos los tiempos evaluados, incrementando rápidamente a medida que este incrementa.

Osuna *et al.*, (2006) realizaron un trabajo sobre el efecto estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz, con dos sistemas de labranza la tradicional y de conservación, en cada sistema se sembró maíz en las mismas condiciones, a los 135 días después de la siembra tomaron muestras de la raíz para determinar su longitud de raíz, el resultado de los datos producto de las diferencias de los sistemas de labranza, no fueron significativos. La función derivada de la relación entre longitud de raíz y densidad aparente de ambos sistemas de labranza, fue negativa de tipo exponencial. Esto significa que la longitud de raíz tendió a disminuir con el aumento de la densidad aparente. Entonces, el desarrollo radical obedece al patrón de resistencia mecánica del suelo derivado del sistema de labranza.

Ibache *et al.*, (1993), mencionan la importancia de la raíz e interacción con los brotes y frutos tiene una directa relación para poder conocer el momento más oportuno para la aplicación de fertilizantes y control de

nematodos. El estudio de raíz en diferentes especies son escasas debido a no tener un sistema fácil que permita facilitar el estudio de dicho órgano ya que es importante para el desarrollo de una planta, la información de trabajos relacionados a la raíz es escasa a diferencia de la parte aérea. La herramienta actualmente utilizada es cámara de observación de raíces o rizotrones que permite examinar el crecimiento de raíces en el campo.

García y Vargas, (2000) mencionan una característica importante para el éxito en el establecimiento y supervivencia de las plantas es el crecimiento y desarrollo de la raíz, pues de ésta dependen en gran medida la absorción de agua y nutrimentos esenciales para diversos procesos fisiológicos. Las modificaciones al sistema radical, en respuesta a condiciones de sequía, son de gran importancia para la adaptación de la planta a su ambiente.

Cordoba *et al.*, (2011). Identificaron características de la raíz asociadas a mecanismos de adaptación ante condiciones de estrés hídrica en *pinus pinceana* evaluaron el crecimiento y morfología de raíz en dos condiciones de humedad de suelo, la sequía no afectó significativamente el volumen y la biomasa total de la raíz, sí ocasionó un cambio importante en la asignación y uso de los recursos para el crecimiento del sistema radical, al modificar su estructura y la relación parte aérea/raíz mencionan el crecimiento y de la estructura del sistema radical varía ampliamente entre las especies forestales; se han encontrado grandes diferencias entre poblaciones en la asignación de recursos y crecimiento de la raíz en respuesta a limitaciones en la disponibilidad de agua. En algunas especies es común encontrar variación en la asignación de recursos y en la estructura y morfología del sistema radical en función de las necesidades que enfrentan las plantas en el sitio. Las diferentes condiciones ambientales a las que está sujeta la especie a lo largo de la distribución geográfica estudiada han dado pauta a la diferenciación genética en diferentes características morfológicas y fisiológicas

que mitigan los efectos de eventos adversos como la sequía, incluyendo la asignación de recursos y la estructura y crecimiento del sistema radical.

López *et al.*,(2008), sugieren que el tratamiento Secado parcial de raíz estimula el sistema de señales químicas entre la raíz y el vástago, provocando de esta forma un incremento en la calidad de fruto sin afectar el rendimiento, así como el mantenimiento de las relaciones hídricas y el intercambio de gases en el cultivo de jitomate. En su investigación estudiaron en condiciones de hidroponía e invernadero, los efectos de dos niveles de humedad aprovechable en el sustrato con plantas de jitomate. Se determinaron los parámetros fisiológicos: área foliar, materia seca de hoja, tallo, raíz y fruto, relaciones hídricas, e intercambio de gases, así como rendimiento y calidad de fruto (diámetro, firmeza, sólidos solubles totales, pH y conductividad eléctrica). Las plantas crecieron en contenedores de igual volumen con tezontle y con la raíz dividida en dos partes aplicando dos tratamientos de humedad aprovechable en el sustrato: 80-30% (SPR) y 80-80% (testigo). Estos tratamientos se iniciaron 28 días después del trasplante y se mantuvieron hasta el final del experimento. Los resultados obtenidos indican que el tratamiento SPR no mostró diferencias significativas con respecto al testigo en relación a los parámetros fisiológicos, sin embargo en las variables de calidad de fruto como °Brix, firmeza y conductividad eléctrica el SPR provocó un incremento sin afectar el rendimiento.

Moraima y Clarence (2003) Evaluaron las características morfológicas del tallo y del sistema radical asociado con el acame en 12 cultivares de maíz por Sarasola *et al.* (1970); ellos encontraron correlaciones positivas y significativas entre diámetro del tallo medido en la base, volumen de la parte aérea de la planta, volumen de las raíces y resistencia a acame. La altura de planta no estuvo correlacionada con volumen de la parte aérea y volumen de raíces.

Ontiveros *et al.*, (2005), mencionan que una rápida tasa de elongación de la raíz es importante para el establecimiento de la planta. La raíz es el órgano de la planta que primero percibe el impacto del déficit hídrico en el suelo, dicho déficit depende, entre otros factores, de la velocidad de secado del suelo. En su trabajo crecimiento de la raíz del frijol con diferentes velocidades de secado del suelo; testigo regado, secado lento y secado rápido, se ocuparon dos variedades Bayo madero susceptible y Pinto Villa resistente a la sequía y las plántulas se desarrollaron en una cámara de ambiente controlado y en rizotrones con arena, los cuales permitían dar seguimiento a la elongación diaria de la raíz. La dinámica del crecimiento de la raíz fue afectada por la velocidad de secado del suelo y se reflejó en el vástago en la acumulación de biomasa. En estado de plántula, la variedad pinto villa resistente a la sequía respondió con mayor celeridad que el bayo madero, susceptible a la sequía, inhibiendo su crecimiento y, por lo tanto, la longitud de la raíz principal y de las raíces secundarias adventicias. La velocidad de secado lento del suelo permitió que cada categoría de raíz manifestara una respuesta en forma diferencial, al efecto del déficit hídrico al que se expusieron. Con el secado rápido del suelo primero ocurrió una desaceleración de la tasa de crecimiento de todo el sistema radical, hasta que se detuvo por completo conforme progresó el déficit hídrico. En el secado rápido no ocurrió la emisión de raíces terciarias y se inhibió el crecimiento de la raíz principal y de las secundarias adventicias. Esto se reflejó en el vástago como una menor acumulación de biomasa.

Anselmo *et al.*, (2012). En su trabajo el Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero evaluaron el efecto del ácido salicílico y la fertilización con N, P y K en el crecimiento y estado nutricional en plántulas de chile habanero. Se evaluó el efecto del ácido salicílico y la fertilización química utilizada por productores de plántulas de chile habanero con cuatro tratamientos: sin ácido salicílico y sin fertilización; aplicación de 10-8 M

de ácido salicílico; aplicación de 190 mg/l de cada nutrimento de NPK y aplicaciones de 10^{-8} M de ácido salicílico más 190 mg/l de NPK. Se evaluó la raíz se observaron diferencias en densidad de peso y de longitud, materia seca, área y longitud específica reportando valores altos con aplicación de 190 mg/l de cada nutrimento de NPK, excepto Longitud específica; siendo aplicaciones de 10^{-8} M de ácido salicílico más 190 mg/l quien mostró mayor valor. Mencionan la aplicación de ácido salicílico favoreció algunas características de crecimiento pero no mejoró significativamente la calidad de las plántulas.

III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó una evaluación de 195 líneas de maíz tropical. El proyecto se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el departamento de Agro física 7 de septiembre del 2015 Saltillo Coahuila. Con coordenadas 25° 23' 42" de latitud norte, 100° 50' 57" de longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm. Con un clima (Bshw) muy seco, cálido, extremo con lluvias en verano.

Descripción del material Experimental.

Las 195 S₁ líneas de maíz tropical son derivadas de una Variedad Sintética experimental provenientes del municipio de Úrsula Galván, Veracruz.

Metodología.

Cada línea S₁ estaba inventariada eso permito facilitar en ubicar el material genético, se seleccionó 10 granos de maíz por cada línea que fueron sembrado sobre un canal de fierro de un metro de largo por 5 cm de ancho que contenía 10 orificios uno en cada diez cm, se colocó una semilla de maíz en cada agujero envuelta de papel sanitario, la canaleta fue colocada en una pileta hidropónica sin solución nutritiva solo con la fuerza de la semilla.

A los 15 días después de la siembra se realizó la toma de datos, las variables a evaluar fue longitud de raíz y número de raíz tomando como cada línea un tratamiento.

VARIABLES a evaluar.

Longitud de raíz.

Se midió la raíz primaria de cada plántula con una regla y reportando como unidad en centímetros.

Numero de raíz.

Se contó el número de raíz de cada plántula y se reportaron por unidad.

Análisis estadístico.

Se realizó una transformación de datos ($\sqrt{n+1}$).

Para el análisis estadístico se realizó un diseño bloques al azar desbalanceada, utilizando el modelo de medias para cada una de las variables.

$$y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

y_{ij} = longitud o numero de raíz observado en el i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

μ = Media general

T_i = efectos de i-ésimo tratamiento

β_j =efectos del j-ésimo bloque

ε_{ij} =Error experimental.

Análisis de varianza un factor

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr > F
Trat.	t-1	SCT	CMT	CMT/CME	
Bloq.	r-1	SCB	CMB		
Error	n-t	*SCE	CME		
TOTAL	rt-1	S.C. total			

Dónde:

F.V. = fuentes de variación.

G.L.= grados de libertad.

S.C.= suma de cuadrados.

C.M.= cuadrados medios.

F.C.= valor F.

Pr>F= Probabilidad mayor que el F calculado.

Suma de cuadrados.

$$\text{S.C. Tratamientos} = (\sum y_i . 2) / t - (y_{..})^2 / n$$

$$\text{S.C. Bloques} = (\sum y_{.j} 2) / t - (y_{..})^2 / n$$

$$\text{S.C. Error} = (\sum y_{ij} 2) - \sum y_{.j} 2 / t - \sum y_i . 2 / r + y_{..} 2 / n$$

$$\text{S.C. Total} = \sum y_{ij} 2 - (y_{..})^2 / n$$

Cuadrados medios.

$$\text{C.M. Tratamientos} = \text{SC trat} / \text{GL trat}$$

C.M. Bloques = SCB / GLB

C.M. Error = SC error / GL error

Valor F.

F.C. Tratamientos= CM trat / CM error

F.C. Bloques= CM bloques / CM error

Agrupación de los tratamientos.

Desviación estándar = $\sqrt{\text{CMEE}}$

Se utilizó la $\sqrt{\text{D.E}}$ para agrupar los tratamientos, se tomó como referencia media de tratamiento de mayor longitud y número de raíz y se restó $\sqrt{\text{D.E}}$ para obtener los rangos.

Correlación.

Para establecer las correlaciones entre las diferentes características estudiadas (con datos promedio por planta) se utilizó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum[(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})]}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

Donde:

Σ =sumatoria.

X=variable independiente.

\bar{X} =media de la variable independiente.

Y=variable dependiente.

\bar{Y} =media de la variable dependiente.

Cálculo de los componentes de varianza de heredabilidad (S), error estándar de las heredabilidad

Los componentes de varianza y heredabilidad se estiman de la siguiente manera:

Dónde:

$$\sigma^2 A = \sigma^2 F = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

$\sigma^2 e$ = M_1 Cuadrado medio del error

M_2 Cuadrado medio de familias anidadas en grupos

$\sigma^2 A = \sigma^2 F$ = Varianza genética aditiva de familias

$\sigma^2 e$ = varianza del error

r = repeticiones.

La varianza fenotípica se calculó de la siguiente manera:

$$\sigma^2 f = \frac{\sigma^2 e}{r} + \sigma^2 A$$

Dónde:

$\sigma^2 f$ = Varianza fenotípica

$\sigma^2 e$ = Varianza del error

$\sigma^2 A$ = Varianza aditiva

r = Repeticiones

La heredabilidad para todas las características se calcula como sigue:

$$h^2 = \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 f}$$

Con un error estándar igual a

$$EE(h^2) = \frac{EE\sigma^2 F}{\sigma^2 f}$$

Dónde:

$$v(\sigma^2 F) = \frac{2}{(r)^2} \left[\frac{M_2^2}{gl_2 + 2} + \frac{M_1^2}{gl_1 + 2} \right]$$

$$EE(\sigma^2 F) = \sqrt{v(\sigma^2 F)}$$

El coeficiente de variabilidad genética aditiva y ganancias genéticas.

El coeficiente de variabilidad genética aditiva se estimó como:

$$CV_A = \frac{\sqrt{\sigma^2 F}}{x_s} \times 100$$

La ganancia genética por ciclo y expresada esta en porcentaje se estimó de la siguiente manera:

$$\Delta Gc = Sh^2 \quad \Delta Gs\% = \frac{\Delta Gc}{x_s} \times 100$$

Dónde:

S = diferencial de selección $(\bar{x}_s - \bar{x})$

h^2 = heredabilidad en sentido estricto de un carácter

\bar{x}_s = media de un carácter cualquiera en las familias seleccionadas

\bar{x} = media del mismo carácter pero en la población.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El análisis estadístico muestra que hay diferencia significativa entre las progenies bajo estudio, donde al menos una progenie muestra alto crecimiento en longitud de raíz por lo tanto existe variabilidad genética entre las familias bajo estudio.

Cuadro 4.1. Resultados del análisis de varianza para longitud de la raíz de 193 progenies.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medio	F calculada	F tabulada 0.05	F tabulada 0.01
Bloques	9	5.0832450	0.5648050	1.64	1.88	2.41
Tratamientos	192	220.0408494	1.1460461	3.32	1	1**
Error	877	302.8901747	0.3453708			
Total	1078	528.0142690				

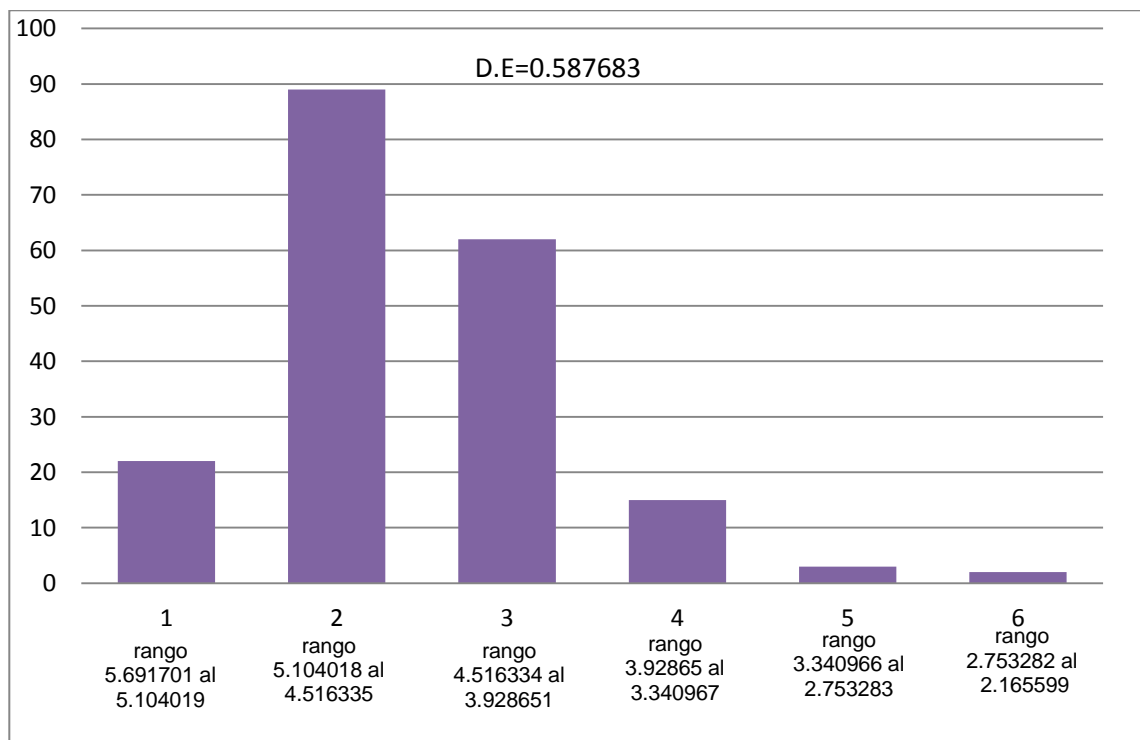
Coeficiente de variación: 13.0

** Nivel de significancia al 0.05 y al 0.01% respectivamente

A resultados similares llegó Pimentel (2008), al trabajar con 317 progenies en el estudio de longitud de raíz y obtuvo variabilidad genética en la población por la estudiada sin embargo Guevara y Guenni, (2013), Obtuvieron que en longitud de raíces de plantas de *Leucaena leucocephala* mostró un comportamiento similar de crecimiento en diferentes tiempos evaluados, pero Osuna *et al.*, (2006) obtuvo que no hay diferencia significativa para el crecimiento de longitud de raíz para el efecto estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz, con dos sistemas de labranza la tradicional y de conservación. Esto significa que la longitud de raíz tendió a disminuir con el aumento de la densidad aparente. Entonces, el desarrollo radical obedece al patrón de resistencia mecánica del suelo derivado del sistema de labranza y Anselmo *et al.*, (2012) Observaron que el efecto del ácido salicílico hay diferencias en longitud y reportan valores altos con aplicación de 190 mg/l pero no mejoró significativamente la calidad de las plántulas.

Se agrupó los materiales de acuerdo a su desviación estándar. En la gráfica 5.1 se muestra los grupos obtenidos en la longitud de raíz obteniendo en el primer grupo 22 materiales de un rango de 5.691701 al 5.104019 cm, fue el más sobresalientes a comparación de los demás, en el grupo 5 con tres progenies y un rango de 3.340966 al 2.753283 cm y el grupo 6 con dos progenies y un rango de 2.753282 al 2.165599 cm. En el grupo 1 y 6 hay una diferencia numérica de 51% de crecimiento en longitud.

Figura 4.1. Gráfica de longitud de raíz, agrupación de acuerdo a desviación estándar.



Con las familias seleccionadas (cuadro 4.2) que formaron el primer grupo, las cuales son 22, de ellas se tomarán las mejores 12 familias, que formaran el primer ciclo de selección recurrente de líneas S_1 , que teóricamente, presentará una media de crecimiento de 5.38 cm.

Cuadro 4.2. Primer Grupo muestra las medias de los materiales de media más alta de Longitud de raíz.

Inventario	Origen	Media longitud	De
584	1421 (X) ₂	5.69170138	
679	1824 (X) ₁	5.47722558	
598	1509 (X) ₁	5.43119519	
509	1123 (X) ₁	5.4150284	
582	1420 (X) ₁	5.38516481	
522	1210 (X) ₁	5.38336238	
569	1406 (X) ₁	5.33853913	
629	1617 (X) ₁	5.3344834	
534	1220 (X) ₂	5.33339194	
560-1	1321 (X) ₁	5.27811348	
635	1623 (X) ₁	5.26236081	
573	1411 (X) ₁	5.24404424	
571	1409 (X) ₁	5.22486132	
492	1104 (X) ₁	5.22430932	
589	1425 (X) ₁	5.19615242	
666	1809 (X) ₁	5.19615242	
505	1120 (X) ₁	5.19526107	
579	1417 (X) ₁	5.18818657	
576	1414 (X) ₁	5.15925602	
630	1618 (X) ₁	5.15358262	
570	1408 (X) ₁	5.15334629	
561	1322 (X) ₁	5.12412271	

Para fines de comparación de crecimiento en longitud de raíz (Cuadro 4.3 y 4.4) resultaron las que expresaron menor longitud en raíz.

Cuadro 4.3. Grupo 5 longitud de raíz.

inventario	origen	Media De longitud
484	1019 (x) ₁	3.16227766
648	1712 (x) ₁	3.10962758
491	1025 (x) ₁	2.89777748

Cuadro 4.4. Grupo 6 longitud de raíz

inventario	origen	Media De longitud
601	1512 (x) ₁	2.5616079
682	1902 (x) ₁	2.48943394

Parámetros Genéticos para longitud de raíz.

Para estimar los parámetros genéticos, el análisis se extendió hasta la esperanza de cuadrados medios, obteniéndose lo siguiente:

Para la varianza aditiva:

$$\sigma^2 = 0.3453708$$

Varianza genética aditiva:

$$\sigma^2 F = 0.08006753$$

La varianza fenotípica:

$$\sigma^2 f = 0.11460461$$

La heredabilidad:

$$h^2 = 69.86$$

Con un error estándar:

$$EE(h^2) = 0.01175236206$$

El coeficiente de variabilidad genética aditiva:

$$CV_A = 6.236$$

La ganancia genética por ciclo

$$\Delta G_s\% = 10.95 \%$$

Resultados similares menciona Pimentel, (2008), estimó el parámetro genético de longitud de raíz en 317 líneas de maíz tropicales, para la longitud de raíz, obtuvo valores altos, reporta una $h^2 = 68.95$, pero $CV_A = 71.90$ y una $\Delta G_s\% = 11.76 \%$ similar excepto el coeficiente de variabilidad genética que esto se deberá a la diversidad genética de la población de familias de maíz.

Actualmente ya existe parámetros genéticos de rendimiento Castañón, (1983), evaluó 230 líneas S_1 en tres zonas diferentes maiceras del país y encontró heredabilidad 66% en temperatura baja, 91% en temperatura alta y para el promedio de ambas condiciones de 79% .

El análisis estadístico muestra que hay diferencia significativa entre las progenies bajo estudio, donde al menos una progenie muestra alto crecimiento en número de raíz por lo tanto existe variabilidad genética entre las familias bajo estudio (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5. Resultados del análisis de varianza para Número de raíz de 195 progenies.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	F Calculada	F tabulada 0.05	F tabulada 0.01
Bloques	9	1.61369473	0.17929941	1.39	1.88	2.41
Tratamientos	194	99.96826554	0.51530034	3.98	1	1**
Error	887	114.7504291	0.1293691			
Total	1090	216.3323894				

Coeficiente de variación: 11.64139

** Nivel de significancia al 0.05 y al 0.01% respectivamente

En número de raíz de maíz no hay información pero Ibaché *et al.*, (1993), mencionan la importancia de la raíz en los frutales tienen una interacción con los brotes y frutos tiene una directa relación para poder conocer el momento más oportuno para la aplicación de fertilizantes y control de nematodos.

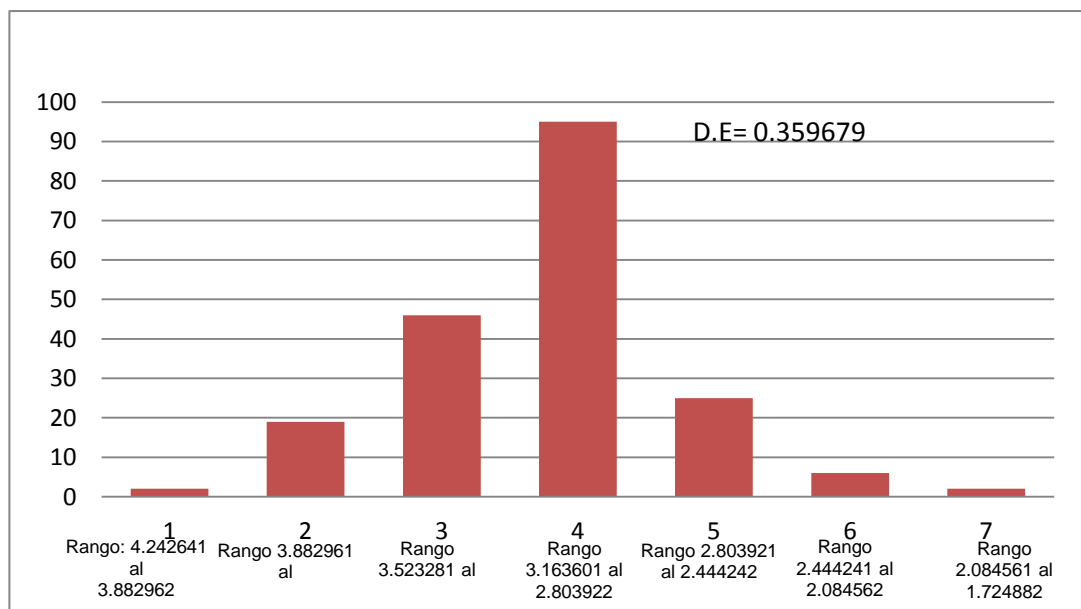
Ontiveros *et al.*, (2005), mencionan que una rápida tasa de elongación de la raíces es importante para el establecimiento de la planta. Obtuvo que la raíz del frijol con diferentes velocidades de secado del suelo y dos variedades diferentes responde diferente en cuanto a su biomasa en cantidad de raíz.

En la gráfica (figura 5.2) de número de raíz se observa, la desviación estándar formaron 7 grupos; el grupo uno, con dos progenies con un rango de 4.242641 al 3.882962 unidades y el grupo dos con 19 progenies y un rango de 3.882961 al 3.523282 unidades estadísticamente sobresalieron más.

Grupo 6 con 4 progenies y un rango de 2.444241 al 2.084562 unidades, grupo 7 con 2 progenies y un rango de 2.084561 al 1.724882 cm resultaron con menos número de raíz.

En el grupo 1 y 7 hay un 51% de diferencia numérica en número de raíz.

Figura 4.2. Grafica de Número de raíz, agrupación de acuerdo a su desviación estándar.



Con las familias seleccionadas (cuadro 4.6 y 4.7) formaron los primeros grupos, en el primero 2 y en el segundo 19 de ellas se tomarán las mejores 12 familias, que formaran el primer ciclo de selección recurrente de líneas S_1 , que teóricamente, presentará una media de crecimiento de 3.76 unidades más de raíz.

Cuadro 4.6. Grupo 1, número de raíz.

inventario	origen	Media de N. de raíz.
489	1023 (x) ₁	4.24264069
502	1117 (x) ₁	4

Cuadro 4.7. Grupo 2, número de raíz.

inventario	origen	Media de N. de raíz.
560	1320 (x) ₁	3.87298335
520	1208 (x) ₁	3.80163945
487	1021 (x) ₁	3.76480628
449	901 (x) ₁	3.68609406
467	925 (x) ₁	3.68119707
490	1024 (x) ₁	3.6484037
536	1222(x) ₁	3.64595105
458	914 (x) ₁	3.64072536
452	906 (x) ₁	3.62132034
510	1124 (x) ₁	3.60555128
515	1204 (x) ₁	3.60555128
525	1212 (x) ₂	3.60555128
577	1415 (x) ₁	3.60555128
528	1215 (x) ₁	3.6028795
558	1318 (x) ₁	3.60010725
511	1125 (x) ₁	3.5915796
544	1301 (x) ₁	3.53725977
498	1112 (x) ₁	3.52888233
457	913 (x) ₁	3.52511855

Grupos que expresaron menor cantidad de raíz (grupo 6 y 6.1) se observaran para fines de comparación de número de raíz

Cuadro 4.8. Grupo 6, número de raíz.

inventario	origen	Media de N. de raíz.
684	1905 (x) ₁	2.35211938
672	1815 (x) ₁	2.35068593
561	1322 (x) ₁	2.27381026
601	1512 (x) ₁	2.22474487
682	1902 (x) ₁	2.18890106
579	1417 (x) ₁	2.12593404

Cuadro 4.9. Grupo 7, número de raíz.

inventario	origen	Media de N. de raíz.
605	1515 (x) ₁	1.93185165
562	1323 (x) ₁	1.77381026

Parámetros Genéticos para número de raíz.

Para estimar los parámetros genéticos del análisis se extendió hasta la esperanza de cuadrados medios.

Para la varianza aditiva:

$$\sigma^2 = 0.1293691$$

Varianza genética aditiva:

$$\sigma^2 F = 0.038593124$$

La varianza fenotípica:

$$\sigma^2 f = 0.05153000034$$

La heredabilidad:

$$h^2 = 74.89$$

Con un error estándar:

$$EE(h^2) = 0.005241361464$$

El coeficiente de variabilidad genética aditiva:

$$CV_A = 6.39$$

La ganancia genética por ciclo

$$\Delta G_s\% = 13.078 \%$$

Se obtuvo altos parámetros genéticos para número de raíz, no hay información que mencione parámetros genéticos para estudios de la raíz por lo que este trabajo es uno de los pioneros en este campo, hay reportes sobre ganancia genética para otros caracteres como es la investigación de Fuentes, (1998), obtuvo un 1,2% de ganancia, por ciclo de selección y Oyervides *et al.*, (1993), reportan variables de floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, número de mazorcas por 100 plantas y rendimiento de maíz para el trópico, los coeficientes de variación genética, para días a floración masculina y femenina fueron 1,48 y 1,53 por ciento respectivamente, para altura de planta y mazorca de 5,27 y 8,54 por ciento respectivamente, y para número de mazorcas por 100 plantas y rendimiento fueron de 5,97 y 10,38 por ciento respectivamente. Las heredabilidades encontradas fueron: floración masculina 0,734, floración femenina 0,752, altura de planta 0,759, altura de mazorca 0,815, para número de mazorcas por 100 plantas 0,434 y para rendimiento 0,583.

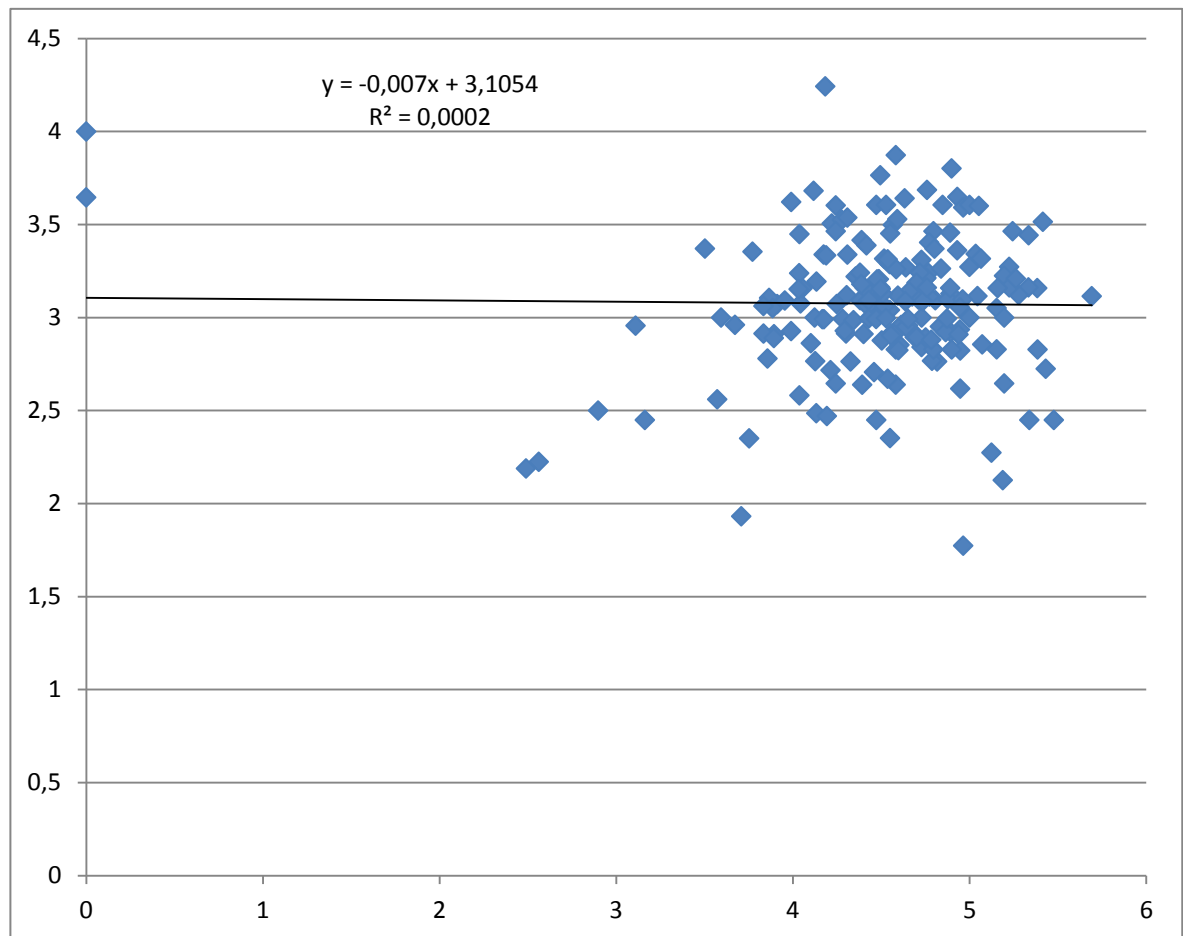
Correlación:

Coefficientes de correlación Pearson, N = 195

Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0

	LONG	NRAIZ
LONG	1.00000	-0.01312
NRAIZ	-0.01312	1.00000

Figura 4.3. Grafica de dispersión, correlación entre longitud y número de raíz.



En la figura (5.3) la gráfica de dispersión muestra una reacción neutra no hay correlación entre la variable longitud y número de raíz cada variable son independientes entre sí, no tiene una relación para crecimiento esto permitirá al mejorador obtener cualquiera de las variables sin afectar a la otra.

Osuna *et al.*, (2006) encontraron un efecto negativo para longitud de raíz y densidad aparente en un experimento de dos sistemas de labranza tradicional y conservación pero Moraima y Clarence (2003) ellos encontraron correlaciones positivas y significativas entre diámetro del tallo medido en la base, volumen de la parte aérea de la planta, volumen de las raíces y resistencia a acame. La altura de planta no estuvo correlacionada con volumen de la parte aérea y volumen de raíces de maíz.

V. CONCLUSIONES.

En la selección recurrente de 195 líneas de maíz tropical que se estudió, existe variabilidad genética en la población de familias para las variables longitud y número de raíz.

Se determinó los parámetros genéticos de longitud y número de raíz, en longitud de raíz se estimó; para la varianza aditiva $\sigma^2 = 0.3453708$, $\sigma^2 F = 0.08006753$, $\sigma^2 f = 0.11460461$, $h^2 = 69.86$, $EE(h^2) = 0.01175236206$, $CV_A = 6.236$ y $\Delta Gs\% = 10.95\%$.

Para número de raíz se estimó; la varianza aditiva $\sigma^2 = 0.1293691$, $\sigma^2 F = 0.038593124$, $\sigma^2 f = 0.05153000034$, $h^2 = 74.89$, $EE(h^2) = 0.005241361464$, $CV_A = 6.39$ y $\Delta Gs\% = 13.078\%$.

En la correlación de longitud y número de raíz fue una asociación neutra, su crecimiento en longitud no afecta al número de raíz lo que permitirá al Fito mejorador tomar como independiente cada variable.

VI. BLIOGRAFIA.

Anderson, D.,A., et al. *Parámetros Genéticos y Ganancia Genética Predicha en Maíz con el Método de Selección Recurrente Modificado.* *Chilean J. Agric. Res.* [online]. 2012, vol.72, n.1, pp. 33-39. ISSN 0718-5839.

Allard, R. W., 2000. *Principios de la mejora genética de las plantas cultivadas.* Ed. Omega Barcelona, 498 pp.

López O., A.; López T.; Carlos, Peña V., C.;Ramírez A, C.; Leonardo Tijerina C., L. y Carrillo S, J. 2008, *Secado parcial de la raíz de jitomate: efectos en la fisiología de la planta y calidad de fruto,* *Agricultura Técnica en México* Vol. 34, Colegio de Posgraduados.

Guzmán A., A; Borges G., L.; Pinzón L., L.; Ruiz S., E.; Zúñiga-A. J., 2012, *Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero,* *agronomía mesoamericana* 23(2):247-257. Centro de Investigación Científica de Yucatán, México.

Ibache G., A.; Lobaró S., A.; Rojas P., N.; Jopia G., C. 1993, *Novedoso Sistema Para Medir El Crecimiento de Raíces,* tierra adentro, Campo Experimental Pan y azúcar, Chile.

Cheng, P.C. & Pareddy, D.R. 1994. *Morphology and development of the tassel and ear.* In M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook,* p. 37-47. New York, NY, USA, Springer-Verlag.

Castañón N., G., 1983, *selección entre líneas s_1 en una población con amplia base genética de maíz superenano (zea mays l.) Efecto de la densidad de población sobre la estimación de Parámetros Genéticos.* Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Córdoba R., D.; Vargas H., J.J.; López U., J.; Muñoz O., A.; 2011, *Crecimiento de la raíz en plantas jóvenes de pinus pinceana gordon en respuesta a la humedad del suelo*, artículo en Agro ciencia, Colegio de Posgraduados.

Walter J. Hertz, 2013, *El aluminio y el desarrollo radical de los cultivos*, Intagri Instituto para Innovación Tecnológica en la Agricultura.

Osuna C., E.; Figueroa S., B.; Oleschko K.; Flores D., M.; Martínez M. y González C. F., 2006, *Efecto de la Estructura del Suelo Sobre el Desarrollo Radical del Maíz con Dos Sistemas de Labranza*, artículo en agrociencia, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados.

Esau, K. 1977. *Anatomy of seed plants*, 2nd ed. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.

Guevara E. y Guenni O.; Diciembre del 2013, *Densidad y longitud de raíces en plantas de Leucaena leucocephala (Lam) De Wit*, Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), CIAE Anzoátegui, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV).

Guzmán D., G., 2004, *Hidroponía en casa*, Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Feldman, L. 1994. *The maize root. In M. Freeling & V. Walbot, eds. The maize handbook*, p. 29-37. New York, NY, USA, Springer-Verlag.

Food and Agriculture organization of the United Nations, 2015, *Mejoramiento de maiz por seleccion recurrente*.

Fuentes et al.,1998, *Selección recurrente recíproca en maíz: tolerancia al ataque del gusano de la mazorca y el cogollero (Lepidoptera: Noctuidae)*, Agronomía Mesoamericana

García-Figueroa, M., and J. J. Vargas-Hernández. 2000. Growth and biomass allocation of *Gliricidia sepium* seed sources under drought conditions. *J. Sustainable For.* 10: 45-50.

Galinat, W.C. 1959. The phytomer in relation to floral homologies in the American Maydeae. *Bot. Mus. Leaflet. Harv. Univ.*, 19: 1-32.

García, Moraima y Watson, Clarence E. Jr., 2003, Herencia de la resistencia al acame de raíces en maíz dulce, *Revista UDO Agrícola*, INIA, Monagas Venezuela.

Irriterra, mayo del 2012. Consulta 19 de mayo de 2016. Disponible en:
http://www.irriterra.com.ar/irriterra/index.php?option=com_content&view=article&id=50:las-raices-de-los-cultivos-y-el-rizotron&catid=1:latest-news&Itemid=18

Joseph G. Dubrovsky y Svetlana Shishkova, Enigmas de la raíz: la parte oculta de la planta.

Lonquist, J.H. 1967. Genetic variability in maize and indicated procedure for its maximum utilization. *Cien. Cult.*, 19: 135-144.

Mistrik, I. y Mistrikova, I. 1995. Uptake, transport and metabolism of phosphates by individual roots of *Zea mays* L. *Biologia* (Bratislava), 50: 419-426.

Onderdonk, J.J. & Ketcheson, J.W. 1972. A standardization of terminology for the morphological description of corn seedlings. *Can. J. Plant Sci.*, 52: 1003-1006.

Ontiveros, C., A.; Kohashi S., J.; Jiménez Y., P.; Gallegos, A., J.; Villegas, M., E.; Esteva, G., A., 2005, *Crecimiento de la raíz del frijol con diferentes velocidades de secado del suelo.* *Terra Latinoamericana*, vol. 23, núm. 3, julio-septiembre, 2005, pp. 311-320. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.

Oyervides et al., 1993. *Estimación de parámetros genéticos en una población de maíz tropical*, Agronomía Mesoamericana.

Poethig, R.S. 1994. *The maize shoot*. In M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 11-17. New York, NY, USA, Springer-Verlag.

Ricardo J. Salvador, 2001, *Maíz*, *Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica*, Universidad Autónoma Chapingo.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2014. Consulta 4 de marzo de 2016. Disponible en:

<http://www.siap.gob.mx/maiz-grano/>

Smith, M.E., Miles, C.A. & Van Beem, J. 1995. Genetic improvement of maize for nitrogen use efficiency. In D.C. Jewell, S.R. Waddington, J.K. Ransom & K.V. Pixley, eds. *Maize Research for Stress Environments. Proc. 4th Eastern and Southern Africa Reg. Maize Conf.*, Harare, Zimbabwe, 1994, p. 39-43. Mexico, DF, CIMMYT.

Smith y R.L. Paliwal, 1996, *El maíz en los trópicos*. Consulta 7 de marzo de 2016. Disponible en :

http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s14.htm#P0_0

VII. APÉNDICE.





Datos transformados de longitud de raíz Formula; raíz n+ 1.

inventario	origen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	media
449	901 (X)1	4.7958315	4.5825757	4.8989795								4.7591289
450	903 (X)1	4.2426407	4.5825757	5.5226805	4.4384682	2.6457513	4.8989795	4.2544095	4.5276926			4.3891497
451	904 (X)1	4.3703547	4.3243497	4.5716518	5.2249402	4.0865633	4.8166378					4.5657496
452	906 (X)1	4.8989795	3.082207									3.9905932
453	907 (X)1	4.0620192	4.5825757	4.1472883	3.2093613	5.0990195						4.2200528
454	908 (X)1	4.5166359										4.5166359
455	909 (X)1	4.7958315										4.7958315
456	910 (X)1	4.7539457	4.472136	5.138093	5.1961524							4.8900818
457	913 (X)1	4.2661458	4.6904158	4.9699095	3.8729833	4.7958315	3.6055513	3.7416574				4.2774992
458	914 (X)1	4.5825757	4.5825757	4.7328638								4.6326717
459	915 (X)1	4.4158804	4.472136	3.5355339	4.0620192	3.4641016						3.9899342
460	917 (X)1	4.7116876	4.472136	5								4.7279412
461	918 (X)1	4.6368092	4.8989795									4.7678944
462	919 (X)1	4.3588989	4.7434165									4.5511577
463	920 (X)1	4.8989795	4.9497475	4.1231056	5.1575188	4.9193496	5.3103672	4.8989795				4.8940068
464	921 (X)1	5.3851648	4.0620192	3.5355339	4.6904158	4.8476799	4.7958315	4.1231056	4.7958315			4.5294478
465	922 (X)1	4.9497475	5.1478151	4.3011626	5.1961524	4.6368092	3.4641016	3.7416574	4.1231056			4.4450689
466	924 (X)1	4.7958315	4.5825757	4.7958315	5.3851648	4.8989795						4.8916766
467	925 (X)1	4.2426407	3.6055513	4.9497475	3	4.472136	4.7434165	3.8078866				4.1173398
468	1001 (X)1	4.6904158	5.2440442	4.8476799	5	4.6368092	4.6904158	5.1961524	4.6904158	4.472136	4.91935	4.8387419
478	1012 (X)1	4.3588989	5.2535702									4.8062346
479	1012 (X)2	3.082207	5.5407581	4.472136	5.3851648	6.4031242	5.0990195	4.6368093				4.9456027
480	1013 (X)1	3.6742346	4.3011626	4.3011626	3.8078866	4.6151923	2.3021729	4.3358967	3.8078866			3.8931994
481	1015 (X)1	5	4.8989795	4.8989795	5.0990195	5.1283526	5.2915026	3.8729834	4.8166378	5.8309519	5.157519	4.9994926
482	1016 (X)1	2.6457513	4.3588989									3.5023251
483	1017 (X)1	5.1672043	5.1961524	4.0865633								4.81664
484	1019 (X)1	3.1622777										3.1622777
485	1020 (X)1	3.3166248	4.0620192	4.1231056								3.8339165
486	1020 (X)2	5.0990195	4.8270074	4	4.6904158	4.9497475	4.1472883	4.5825757	4.9598387	5.0299105	4.615192	4.6900996
487	1021 (X)1	4.6904158	4.0620192	4.6260134	4.2895221	4.494441	4.8062459					4.4947762

489	1023 ⊗1	4.1833001										4.1833001
490	1024 ⊗1	5.1961524	4.9193496	4.9497475	4.6368092	4.9497475	5.0990195	4.8989795	4.7958315			4.9307046
491	1025 ⊗1	2.1213203	3.6742346									2.8977775
492	1104 ⊗1	5.9581876	5.1961524	5.0990195	5	5	5.1478151	5.4313903	4.8476799	5.3385391		5.2243093
493	1105 ⊗1	5.0990195	4.3588989									4.7289592
495	1109 ⊗1	4	4.8989795	4.3011626	4.6904158	4.7434165	4.7958315	4.7434165				4.5961746
496	1110 ⊗1	4.7434165	4.6904158	5.0990195	4.7958315							4.8321708
498	1112 ⊗1	4.3588989	4.9497475	4.5825757	4.472136							4.5908395
499	1113 ⊗1	4.7958315	4.1833001	4.0620192	4.0620192	4.3588989	4.2426407	4.2426407	5.0990195			4.3807962
500	1115 ⊗1	4	4.2426407	4.6368092	4.7958315	5	5.2915026	4.6904158	5	4.8989795		4.7284644
501	1116 ⊗1	3.3166248	3.3166248	4.6904158	4.3588989	3.8729833						3.9111095
505	1120 ⊗1	5.2915026	5.0990195									5.1952611
507	1122 ⊗1	4.7958315	5.1961524	4.5825757	4.9497475	5.0497525	4.6904158					4.8774126
508	1122 ⊗2	4.3588989	4.9497475	4.7958315	4.472136	5.1961524	4.7434165	4.4158804	4.472136			4.6755249
509	1123 ⊗1	5.3851648	5.3385391	5.7008771	5.3851648	5.4772256	4.9497475	5.7008771	5.6568542	5.6568542	4.898979	5.4150284
510	1124 ⊗1	4.472136										4.472136
511	1125 ⊗1	4.8989795	4.5825757	5.0497525	4.8989795	5.1961524	5	4.7958315	5.2915026			4.9642217
512	1201 ⊗1	3.6055513	4.2426407	5.3851648								4.4111189
514	1203 ⊗1	4.7958315	4.5825757	4								4.4594691
515	1204 ⊗1	5										5
516	1205 ⊗1	4.7958315	5.0990195									4.9474255
519	1207 ⊗1	4.472136	4.9497475	4.2426407	4.5276926	4.7434165	4.8989795					4.6391021
520	1208 ⊗1	3.7416574	5.5677644	5.3851648								4.8981955
522	1210 ⊗1	5.2440442	5.5226805									5.3833624
523	1211 ⊗1	5	4.3588989	4.6904158								4.6831049
524	1212 ⊗1	4.5825757	4.0620192	5.3385391	4.4158804	5.3385391	4.8989795					4.7727555
525	1212 ⊗2	4.5276926										4.5276926
526	1213 ⊗1	5.0497525	4.1833001	4.4158804								4.5496443
528	1215 ⊗1	4.2426407	4.2426407									4.2426407
529	1216 ⊗1	4.8476799	5.3385391	4	4.8989795							4.7712996
532	1219 ⊗1	4.2426407										4.2426407
534	1220 ⊗2	5.0990195	5.5677644									5.3333919
535	1221 ⊗1	5	4.3588989	5.0990195	4.5825757	3.1622777	4.7958315	3.9370039	4.7958315	4.8989795	3.535534	4.4165952
537	1223 ⊗1	5.0990195	5	4.5276926	5.5226805	4.6368092	5.4313902	5.0990195	5.0990195	4.8989795		5.0349567
544	1301 ⊗1	4.1231056	3.2403703	4.8989795	4.2426407	4	4.6904158	4.4158804	4.5276926	4.6368092		4.3084327
545	1302 ⊗1	5.0990195	4.669047	4.8682646	2.7018512	4.5055521	4.0620192	4.5825757				4.3554756

546	1303 ⊗1	3.391165	3.6055513	5.3385391	4.9497475	4.7222876	5.0990195	4.7434165	3.4641016	5.8309519	4.335897	4.5480677
548	1305 ⊗1	3.7416574	4.472136	5.3009433	4.8989795	5.1672043	5	4.669047				4.7499953
549	1306 ⊗1	4.2426407	4.3011626	4.3588989								4.3009008
550	1307 ⊗1	4.3127717	4.2426407	4.4384682	4							4.2484702
551	1310 ⊗1	5										5
552	1311 ⊗1	4.4158804	4.472136	4.7958315	3.9370039	4.472136	4.6904158					4.4639006
554	1313 ⊗1	3.6055513	4.1231056	5	4.2778499	4.4045431						4.28221
555	1314 ⊗1	2.236068	4.7328638	5.138093								4.0356749
557	1317 ⊗1	2.9154759	4.2426407	4.4384682								3.8655283
558	1318 ⊗1	2.3452079	3.7947332	3.9623226	3.6055513	4.1593269	4.6904158	3.8729834	3.7416574			3.7715248
559	1319 ⊗1	5.3197744	5.1961524	5.1478151	4.9497475	4.7958315	5.1961524	4.7958315	5.0199602			5.0526581
560	1320 ⊗1	4.5276926	5.0990195	4.3011626	4.472136	3.3166248						4.3433271
561	1322 ⊗1	4.5825757										4.5825757
562	1323 ⊗1	6.2128898	4.1231056	5.2915026	6.1400326	4.64758	5.2535702					5.2781135
563	1324 ⊗1	4.2426407	5.3851648	5.7445626								5.1241227
564	1325 ⊗1	4.6368092	5.2915026									4.9641559
565	1402 ⊗1	4	4.7958315	4.4158804	5.5677644							4.6948691
566	1403 ⊗1	4.7958315	5.0990195									4.9474255
567	1404 ⊗1	5.0990195	5.2915026	4.6904158	5.0990195							5.0449894
568	1405 ⊗1	4.494441										4.494441
569	1406 ⊗1	3.8729833	5.2440442									4.5585138
570	1408 ⊗1	5.0990195	5.0299105									5.064465
571	1409 ⊗1	4.6904158	4.1952354	5.4772256								4.7876256
572	1410 ⊗1	5.3385391										5.3385391
573	1411 ⊗1	4.8476799	4.8989795	4.8476799								4.8647797
575	1413 ⊗1	5.0990195	5.2915026	5.0695167								5.1533463
576	1414 ⊗1	5.1961524	5.2535702									5.2248613
577	1415 ⊗1	4.5825757										4.5825757
578	1416 ⊗1	5.2440442										5.2440442
579	1417 ⊗1	5.3385391	5.0497525	4.472136	4.7958315	5.1478151						4.9608148
581	1419 ⊗1	4.7958315	5.5226805									5.159256
582	1420 ⊗1	4.8476799										4.8476799
583	1421 ⊗1	4.472136										4.472136
584	1421 ⊗2	5.2915026	5.4772256	4.7958315								5.1881866
585	1422 ⊗1	4	5	4.7539457								4.5846486
586	1423 ⊗1	5.3851648										5.3851648

589	1425 ⊗1	4.8476799	4.8476799	5.2440442	4.6368092	4.0620192	4.8989795						4.756202
596	1507 ⊗1	5.7445626	5.5226805	5.0497525	5.8309519	5.7445626	6.2048368	5.7445627					5.6917014
597	1508 ⊗1	4.1231056	3.6055513	4.3588989	4.0620192								4.0373938
598	1509 ⊗1	5.2440442	4.7958315	4.1231056	3.8078866	4.472136	5.2915026	5.2915026					4.7180013
599	1510 ⊗1	5.1961524											5.1961524
601	1512 ⊗1	3.391165	4.472136	4.6368092									4.1667034
604	1514 ⊗1	4.2426407	5.2345009	5.2440442	5.0299105								4.9377741
605	1515 ⊗1	5.3851648	5.4772256										5.4311952
606	1516 ⊗1	4.1231056											4.1231056
607	1516 ⊗2	3.391165	1.7320508										2.5616079
608	1517 ⊗1	5	4.3588989	5.4313902									4.9300964
610	1519 ⊗1	4.4158804	3										3.7079402
611	1520 ⊗1	4.8476799	3.9370039										4.3923419
612	1521 ⊗1	3.3166248	3.7416574	3.3166248	3.8729833	4.1833001	3						3.5718651
613	1522 ⊗1	4.5825757	4.7958315	3.8078866	3.6055513	4.2426407	3.8729833	3	4.1231056	4.3588989			4.0432749
614	1523 ⊗1	4.8989795	5.7445626	4.3588989	4.6368092	5	3.4641016	4.6904158	4.8989795				4.7115934
615	1524 ⊗1	3.6055513	4.6904158	3.4641016	3.8729833	3.7416574	3	4.3588989	2.6457513				3.67242
616	1525 ⊗1	5.0990195	5.0990195	4	5.0497525	5.0497525	5.0990195	4.7958315	4.2426407	4.6904158	3.872983		4.6998435
617	1601 ⊗1	3.6055513	4.2426407	4.3588989	4.6904158	4.7958315	3.6055513	4.8989795	4.1231056	5.0990195			4.3799993
618	1602 ⊗1	4.3588989	3.7416574	3.8729833	3.8078866	3.3166248	4.5276926	3.8729834	3.9370039	4.3011626	3.807887		3.954478
620	1604 ⊗1	4.1833001	5	4.2426407	5	5	4.6368092	5.1961524	4				4.6573628
622	1609 ⊗1	3.8729833	5.3851648	4.3011626	4.1833001	4.6904158	4.7958315	5	4.5276926				4.5945688
623	1610 ⊗1	4.5825757	4.6368092	4.6368092	5.0990195	4.472136	3.7416574	3.3166248	4.1231056	3.3166248	1		3.8925362
624	1611 ⊗1	3.8729833	4.6904158	4.7434165	4.1231056	5	4.5825757	4.5276926	4.472136	4.7958315	4.062019		4.4870176
625	1612 ⊗1	4.7958315											4.7958315
626	1613 ⊗1	3.6055513	4.5276926	4.1231056	4.5276926	4.5825757	4.5825757	5	4.5276926	4.1833001			4.4066873
627	1615 ⊗1	4.9497475	4.7958315	2.6457513	5.1961524	5.1961524	3.7416574	3.6055513					4.3044063
628	1616 ⊗1	3	4.5825757	4.3588989	4.2426407	4.7434165	4.3588989	4.8989795	5	4.5825757	3.316625		4.3084611
629	1617 ⊗1	3.6742346	4	5.1961524	3.8078866	4.8989795	4.1231056	5	5.2915026	3.8729833			4.4294272
630	1618 ⊗1	4.5825757	3.8078866	4	5.1961524	4.2426407	4	3.8078866	4.1231056	4.2426407	2.54951		4.0552398
631	1619 ⊗1	4	4.1231056	5.5677644	4.5825757	4.6904158	4.472136	4.5825757	4.6904158	4.1231056			4.5368994
632	1620 ⊗1	4.6904158	4.1231056	4.7958315	4.4158804	3.1622777	4	4.5825757	5.3851648	4.7958315	4.472136		4.4423219
633	1621 ⊗1	3.7416574	4.4158804	5	3.9370039	4.3011626	3.9370039	4.3588989	3.8078866	4.2426407	4		4.1742135
634	1622 ⊗1	4.1231056	4.3588989	4.3588989	5	3.3166248	4.5825757	4.5825757	2	2.6457513			3.8853812
635	1623 ⊗1	5.5677644	5.4313902	5.0497525	6	5.5677644	4.2426407	5.3851648	5.4313902				5.3344834
636	1624 ⊗1	5.6568542	4.6904158	5.4772256	5.6568542	5.1961524	4.7958315	5.0990195	5.4772256	4.6904158	4.795832		5.1535826

637	1625 ⊗1	3.9370039	3.8729833	4.1231056	4.1231056	4.6904158	3.6055513	4.6904158	4.1231056	4.3588989	3.741657	4.1266243
638	1701 ⊗1	5	3.7416574	4.1231056	4.6904158	3.8729833	4.8989795	4.6904158	4.6904158	4.5276926	4.795832	4.5031497
639	1702 ⊗1	4.5825757	4.8989795	4.3588989	5.0990195	3.8729833	4.8989795	5.1961524	3.7416574	4.5825757	4.898979	4.6130801
640	1703 ⊗1	4.472136	4.7958315	4.2426407	4.8989795	4.5825757	5.0990195	5.1961524	4.6368092	4.6904158		4.7349511
641	1705 ⊗1	5.3851648	5.6568542	5.7445626	5.3851648	4.6904158	5.9160798	5.2915026	4	5.2915026		5.2623608
642	1706 ⊗1	5.0497525	4.8989795	4.6904158	3.8729833	4	4.2426407	4.5825757				4.4767639
643	1707 ⊗1	4.3588989	5.2915026	4.2426407	4.9497475	3.6055513	4.3011626	2.915476	3.7416574			4.1758296
644	1708 ⊗1	3.8729833	3.8729833	4.1231056	4.8476799	3.3166248	3.7416574	4.5276926	3.4641016	4.5276926		4.0327246
645	1709 ⊗1	2.8284271	4.6904158	4.7434165	4.5825757	4.7958315	2.8284271	4.2426407				4.1016763
646	1710 ⊗1	5.0990195	4.1231056	5.5677644	4.7434165	5.0497525	5.2915026	4.3588989				4.8904943
647	1711 ⊗1	4	4.8476799	5.0497525	4.4158804	4.8476799	3.8729833	3.3166248	4			4.2938251
648	1712 ⊗1	4.2426407	4.2426407	4.8989795	5.3851648	3.7416574	4.8989795	4.2426407	5	4.1231056	5.744563	4.6520372
649	1713 ⊗1	4.2426407	4.472136	5.2440442	4.8989795	4.7958315	4.8989795					4.7587686
650	1714 ⊗1	3.6055513	4.2426407	3.8729833	5.0497525	4.3588989	4.0620192	4.3011626				4.2132869
651	1716 ⊗1	4.7958315	5.0990195	5.4772256	3.8729833	4.472136	4.6904158	4.2426407	4.472136			4.6402985
652	1717 ⊗1	5	5.0990195	4.8989795	2	2.8284271	5.1961524	3.7416574	4.7434165			4.1884566
653	1718 ⊗1	4.1231056	5.2915026	4.472136	4.5276926							4.6036092
654	1719 ⊗1	3.8078866	3	2.6457513	3.6055513	2	2.236068	4.472136				3.1096276
655	1720 ⊗1	4.9497475	2.236068	4.7958315	3.6055513	5.6568542	4.6904158	4.6904158	5.5677644	4.472136		4.5183094
656	1721 ⊗1	5	3.7416574	4.2426407	4.6904158	4.8989795	4.8989795	4.8989795	5.2915026	4.5825757	4.123106	4.6368836
657	1723 ⊗1	4.8476799	4.5825757	4.5825757	4.6904158	4.0620192	4.0620192					4.4712142
658	1724 ⊗1	3.7416574	4.1833001	3.7416574	3.6055513	3.6055513	4.1231056					3.8334705
659	1725 ⊗1	3.7416574	4.5825757	4.1833001	4.7434165	4.2426407	4.5276926	4.6904158				4.3873855
660	1801 ⊗1	4.2426407	4	5.4772256								4.5732888
661	1803 ⊗1	3.3166248	4.3588989	4.9497475	5	4.8989795	4.7958315	5.4772256	5.3851648	4.5825757		4.751672
662	1804 ⊗1	5.1478151	4.8989795	5.0990195	4.6904158	4.8476799	4.6368092	5	4.5825757	4.9497475		4.8725602
663	1805 ⊗1	4.6904158	3.8729833	5.3385391	5.2915026	4.3588989	3.1622777	4.0865634				4.4001687
664	1806 ⊗1	4.5825757	4	4.2426407	4.7958315	4.6368092	4.6904158	4.7434165				4.5273842
665	1808 ⊗1	5.2440442	4.2426407	4.2426407	5	3.8729833	5.0990195	3.8729834	4.8989795	5	5.049752	4.6523044
666	1809 ⊗1	5.9160798	4.7434165	4	3	4.4158804	4.9497475	5.0497525				4.5821252
667	1810 ⊗1	4.5825757	4.3588989	4.2426407	4.7958315	4.8989795	4.472136	4.4158804	3.3166248	4.472136	4.743416	4.429912
668	1811 ⊗1	4.6904158	4.472136	4.8989795	4.5825757	4.472136	5.3851648	5.3851648	5.2915026	5.4772256	4.795832	4.9451132
669	1812 ⊗1	4.1231056	3.3166248	5.1961524	3.8078866	5.2915026	5.5677644	4.7434165	5.5407581	5.2915026	4.123106	4.7001819
670	1813 ⊗1	4.472136	1.4142136	3.4641016	4.2426407	4.5825757	4.2426407	4.5825757	3.4641016	4.2426407		3.8564029
671	1814 ⊗1	4.472136	5.4772256	4.1231056	5.1961524	4.3588989	5.0990195	5.3851648	4.3011626			4.8016082
672	1815 ⊗1	4.5825757	4.5276926	4.1833001	3.8729833	5.1961524	4.6904158					4.5088533

673	1816 ⊗1	5.1961524										5.1961524
674	1817 ⊗1	5.2915026	5.5677644	5.1478151	4.4158804	2.9154759	4.8476799	4.7434165	5.3385391			4.7835092
675	1818 ⊗1	3.8729833	4.7958315	4.5276926	4.9497475							4.5365637
676	1819 ⊗1	4.3011626	4.6904158	4.5276926	4.472136							4.4978517
677	1820 ⊗1	4.1833001	4	4.7958315								4.3263772
678	1823 ⊗1	5.0497525	4.0620192									4.5558858
679	1824 ⊗1	4.3588989	3.2403703	4.1833001	4.0620192	3	5.4313902	2.8284271	2.9154759			3.7524852
680	1825 ⊗1	5.0497525	5	4.8989795	5.3385391							5.0718178
681	1901 ⊗1	4.3588989	2.8284271									3.593663
682	1902 ⊗1	3.7416574	3.7416574	4.2426407	4.0620192	4	4.7958315	4.2426407	4.2426407			4.1336359
683	1904 ⊗1	4.7434165	4.6904158	4.3588989								4.5975771
684	1905 ⊗1	4.2426407										4.2426407
550-2	1309 ⊗1	4.8989795										4.8989795
560-1	1321 ⊗1	5.4772256										5.4772256
564-1	1401 ⊗1	4.1231056	3.9370039	3.8729833	4.3588989	4.6904158	4.3011626	4.0620192	4.2426407	3.6055513		4.1326424
569-1	1407 ⊗1	4.6904158	4.5825757	4.6904158	3.4641016	4.1833001	4.0620192	3.6742346				4.1924375
621-1	1606 ⊗1	3.1622777	1.8165902									2.4894339
621-2	1607 ⊗1	3.6055513	3.8729833	4.5276926	4.3588989	4.0620192	3.8729833	3.8729834	4.1231056			4.0370272
650-1	1715 ⊗1	5.0990195	4.7434165	3.8729833	4.4158804	4	4	5.0990195	4.2426407	5.4772256		4.5500206

Datos transformados raíz n+ 1 de Número de raíces.

inventario	origen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	media
449	901 ⊗1	3.7416574	3.316625	4								3.6860941
450	903 ⊗1	2.6457513	3.316625	3.316625	3.6055513	4.3589	3.6055513	3.1622777	3.316625			3.4159881
451	904 ⊗1	3.6055513	2.828427	3.464102	3.6055513	3.7417	3.7416574					3.4978243
452	906 ⊗1	3	4.242641									3.6213203
453	907 ⊗1	3.3166248	4	3.605551	3	3.6056						3.5055455
454	908 ⊗1	3.3166248	3.316625									3.3166248
455	909 ⊗1	3.4641016	3.464102									3.4641016
456	910 ⊗1	3.3166248	3.741657	3.162278	3.6055513							3.4565278
457	913 ⊗1	3.3166248	4.242641	3.316625	3.7416574	3	3.7416574	3.3166248				3.5251185
458	914 ⊗1	3.6055513	4	3.316625								3.6407254
459	915 ⊗1	3	2.645751	2.828427	3.1622777	3						2.9272912
460	917 ⊗1	3.1622777	3.162278	3.605551								3.3100355
461	918 ⊗1	3.3166248	3.162278									3.2394512
462	919 ⊗1	3.1622777	3.741657									3.4519675
463	920 ⊗1	3	3	3.162278	2.4494897	3	3	2.8284271				2.9200278
464	921 ⊗1	3	3.464102	3.872983	3.3166248	3.1623	3.1622777	3.3166248	3.162278			3.3071459
465	922 ⊗1	3	3.316625	3.464102	3.1622777	2.8284	3	3.1622777	3.316625			3.1562917
466	924 ⊗1	3.1622777	3.316625	3	3	3.1623						3.128236
467	925 ⊗1	3.8729833	3.605551	3.741657	3.6055513	3.873	3.4641016	3.6055513				3.6811971
468	1001 ⊗1	3.1622777	3.316625	3.162278	3.4641016	3	3	3.3166248	3.605551	3	3.60555	3.2633009
478	1012 ⊗1	2.6457513	3.316625	3.316625								3.0930003
479	1012 ⊗2	2.6457513	3	3.464102	2.8284271	3	2.4494897	3.1622777				2.9357211
480	1013 ⊗1	2.8284271	3.605551	3.741657	2.6457513	3.1623	2.236068	2.8284271	2.236068			2.9105285
481	1015 ⊗1	3.3166248	3.464102	3	2.8284271	3	3	3.6055513	3.741657	3.6055513	3.16228	3.2724191
482	1016 ⊗1	3.7416574	3									3.3708287
483	1017 ⊗1	2.6457513	3	2.645751								2.7638342
484	1019 ⊗1	2.4494897	2.44949									2.4494897
485	1020 ⊗1	2.4494897	3.464102	2.828427								2.9140062
486	1020 ⊗2	3.1622777	2.828427	3	3	2.8284	3	2.8284271	2.236068	3.1622777		2.8939894
487	1021 ⊗1	3.6055513	3.605551	3.872983	4.5825757	3.3166	3.6055513					3.7648063

489	1023 ⊗1	4.2426407	4.242641									4.2426407
490	1024 ⊗1	3.6055513	3.316625	3.741657	3.6055513	4.2426	3.6055513	3.6055513	3.464102			3.6484037
491	1025 ⊗1	2	3									2.5
492	1104 ⊗1	3.3166248	3	3	3.1622777	3	3.7416574	3.4641016	3.162278	3.6055513		3.2724989
493	1105 ⊗1	3	3									3
495	1109 ⊗1	2.4494897	3	2.645751	3.1622777	3	3.1622777	3.1622777				2.9402963
496	1110 ⊗1	3.1622777	2.645751	3	3							2.9520072
498	1112 ⊗1	3.4641016	3.464102	2.828427	4.3588989							3.5288823
499	1113 ⊗1	3	2.828427	3.464102	2.8284271	3.1623	3	3.4641016	3			3.0934169
500	1115 ⊗1	2.6457513	3	3	2.4494897	3.1623	2.8284271	3	2.645751			2.8414621
501	1116 ⊗1	2.4494897	3.605551	2.828427	3.1622777	3.3166						3.0724741
502	1117 ⊗1	4	4									4
505	1120 ⊗1	2.4494897	4									3.2247449
507	1122 ⊗1	2.8284271	3.316625	3.316625	2.6457513	3.3166	3.1622777					3.0977217
508	1122 ⊗2	3.1622777	2.645751	3.316625	3	3	3.3166248	3.4641016	3			3.1131725
509	1123 ⊗1	3.4641016	3.162278	3.464102	3.6055513	3.6056	3.4641016	3.6055513	3.741657	3.8729833	3.16228	3.5148155
510	1124 ⊗1	3.6055513	3.605551									3.6055513
511	1125 ⊗1	4.3588989	4.123106	3.605551	3.6055513	2.8284	3.6055513	3.6055513	3			3.5915796
512	1201 ⊗1	2.8284271	3.741657	2.645751								3.0719453
514	1203 ⊗1	2.6457513	2.645751	2.828427								2.7066432
515	1204 ⊗1	3.6055513	3.605551									3.6055513
516	1205 ⊗1	3	2.645751									2.8228757
519	1207 ⊗1	2.6457513	3	3.605551	3.4641016	3.1623	3.7416574					3.2698899
520	1208 ⊗1	3.1622777	4	4.242641								3.8016394
522	1210 ⊗1	3	3.316625									3.1583124
523	1211 ⊗1	3.8729833	2.645751	2.236068								2.9182675
524	1212 ⊗1	3.1622777	2.44949	3.162278	3.7416574	3.1623	3					3.1129967
525	1212 ⊗2	3.6055513	3.605551									3.6055513
526	1213 ⊗1	3.4641016	2.828427	2.828427								3.0403186
528	1215 ⊗1	3.7416574	3.464102									3.6028795
529	1216 ⊗1	3.8729833	4	2	3.7416574							3.4036602
532	1219 ⊗1	3.4641016	3.464102									3.4641016
534	1220 ⊗2	3.1622777	3.162278									3.1622777
535	1221 ⊗1	3.1622777	3.316625	3.605551	3.8729834	2.6458	3.7416574	3.1622777	3.605551	3.6055513	3.16228	3.3880504
536	1222 ⊗1	3.6055513	3.872983	3.741657	3.4641016	4	3.7416574	3.7416574	3			3.6459511
537	1223 ⊗1	3.1622777	3.464102	3.741657	3	3.4641	3.1622777	3.3166248	3.162278	3.6055513		3.3420966

544	1301 (X)1	3.4641016	3.162278	3.605551	3.6055513	3.4641	3.4641016	3.4641016	4	3.6055513		3.5372598
545	1302 (X)1	3.1622777	2	3.316625	3.3166248	3	3.8729833	3.8729833				3.2202134
546	1303 (X)1	3.3166248	2.828427	2.828427	3.1622777	3.6056	3.7416574	3.6055513	3.464102	3.3166248	3	3.2869243
548	1305 (X)1	2	3.162278	3.162278	3.3166248	3.7417	3.6055513	3.4641016				3.2074986
549	1306 (X)1	2.8284271	3	2.828427	3							2.9142136
550	1307 (X)1	2.8284271	3.316625	3.316625	2.8284271							3.072526
551	1310 (X)1	3	3									3
552	1311 (X)1	3.3166248	3.464102	3.741657	2.6457513	2.6458	3.3166248	2				3.0186445
554	1313 (X)1	3.1622777	2.828427	2.645751	3.1622777	3.1623						2.9922023
555	1314 (X)1	2.6457513	3.464102	3.605551								3.2384681
557	1317 (X)1	3	3	3.316625								3.1055416
558	1318 (X)1	2.6457513	4	2.645751	3.7416574	3	3.7416574	3.3166248	3.741657			3.3541374
559	1319 (X)1	3.3166248	3.872983	3.741657	3.7416574	3.7417	3.4641016	3.6055513	3.316625			3.6001072
560	1320 (X)1	2.8284271	2.828427	3.162278	3.4641016	2.6458						2.985797
561	1322 (X)1	3.8729833	3.872983									3.8729833
562	1323 (X)1	2.8284271	2	3.464102	3.3166248	4.1231	3					3.1220432
563	1324 (X)1	2.4494897	2.645751	3	1							2.2738103
564	1325 (X)1	2.4494897	2.645751	1	1							1.7738103
565	1402 (X)1	3	2.828427	2.44949	3.3166248							2.8986354
566	1403 (X)1	2.236068	3									2.618034
567	1404 (X)1	3.3166248	3.316625	2.828427	3							3.1154192
568	1405 (X)1	3.1622777	3.162278									3.1622777
569	1406 (X)1	3	2.828427									2.9142136
570	1408 (X)1	3.3166248	3.316625									3.3166248
571	1409 (X)1	2.6457513	2.828427	2.828427								2.7675352
572	1410 (X)1	2.4494897										2.4494897
573	1411 (X)1	2.4494897	3.316625	3								2.9220382
575	1413 (X)1	2.8284271	3.162278	3.162278								3.0509941
576	1414 (X)1	3.1622777	3.162278									3.1622777
577	1415 (X)1	2.8284271	2.828427									2.8284271
578	1416 (X)1	3.4641016	3.464102									3.4641016
579	1417 (X)1	3.1622777	3	3	3.1622777	3.1623						3.0973666
581	1419 (X)1	3.3166248	3									3.1583124
582	1420 (X)1	3.6055513	3.605551									3.6055513
583	1421 (X)1	2.4494897	2.44949									2.4494897
584	1421 (X)2	2.6457513	2	1.732051								2.125934

585	1422 (X)1	3	3.464102	3.316625								3.2602421
586	1423 (X)1	2.8284271	2.828427									2.8284271
589	1425 (X)1	3.1622777	3.464102	3.162278	3.1622777	3.1623	3.1622777					3.2125817
596	1507 (X)1	3	3.162278	3.316625	3	3	3.1622777	3.1622777				3.1147797
597	1508 (X)1	3.8729833	3	3.605551	3.3166248							3.4487899
598	1509 (X)1	2.8284271	3.162278	3.162278	3.7416574	3.3166	3.1622777	3.3166248				3.2414524
599	1510 (X)1	3	3									3
601	1512 (X)1	3.3166248	2.828427	2.828427								2.9911597
604	1514 (X)1	3.1622777	2.828427	2.645751	3							2.909114
605	1515 (X)1	3	2.44949									2.7247449
606	1516 (X)1	3	3									3
607	1516 (X)2	2.4494897	2									2.2247449
608	1517 (X)1	3.6055513	3.162278	3.316625								3.3614846
610	1519 (X)1	2.4494897	1.414214									1.9318517
611	1520 (X)1	2.4494897	2.828427									2.6389584
612	1521 (X)1	2.4494897	2	2	2.4494897	3.4641	3					2.5605135
613	1522 (X)1	3.4641016	2.44949	2.828427	3.1622777	3.1623	3.1622777	3.1622777	3.464102	2.8284271		3.075962
614	1523 (X)1	2.8284271	3.605551	3	3.6055513	2	3.3166248	3.3166248				3.0961113
615	1524 (X)1	3.3166248	3.162278	3.316625	2.8284271	2.6458	2.4494897	2.4494897	3.162278	3.3166248		2.9608431
616	1525 (X)1	2.8284271	3.162278	3.464102	3.1622777	3.3166	3.1622777	2.8284271	3.464102	3.3166248	3.16228	3.1867418
617	1601 (X)1	3.1622777	3.316625	3.162278	3.3166248	3	3	3.6055513	3.605551	3		3.2409897
618	1602 (X)1	2.8284271	3	3.464102	3.1622777	3.1623	3.3166248	2.8284271	2.828427	3.1622777	3.16228	3.0915118
620	1604 (X)1	3.3166248	3.316625	3.162278	3	3.1623	3	3	3.162278			3.1400103
622	1609 (X)1	2.8284271	3	2.828427	3.1622777	3	3	3	4.123106			3.1177797
623	1610 (X)1	3.4641016	3.464102	2.645751	3	2.2361	3.3166248	2.6457513	3	2.236068		2.8898296
624	1611 (X)1	3	3.316625	3	3.1622777	3.1623	3.1622777	3.3166248	3.316625	3.4641016	3.16228	3.2063087
625	1612 (X)1	2.8284271	2.828427									2.8284271
626	1613 (X)1	3.1622777	3.316625	3.162278	3.3166248	3.3166	3	3	3.162278	3		3.1596342
627	1615 (X)1	3.6055513	3.741657	1.732051	3.1622777	3.1623	3.3166248					3.1200733
628	1616 (X)1	1.7320508	3.464102	3.605551	2.8284271	3.7417	3.4641016	3.8729833	3.605551	3.6055513	3.4641	3.3384077
629	1617 (X)1	3	2.645751	3.162278	2.8284271	3.1623	3	2.8284271	3.162278	3.1622777		2.9946351
630	1618 (X)1	2.8284271	3.464102	3	3.1622777	3	3.1622777	3	3	2.8284271	4.12311	3.1568617
631	1619 (X)1	3.3166248	3.464102	3.316625	3.3166248	3.6056	3	3.3166248	3.162278	3.3166248		3.3127838
632	1620 (X)1	3.3166248	3.162278	3	3	2.8284	3	3	3.162278	3.1622777	3.16228	3.0794163
633	1621 (X)1	3.3166248	3.162278	3.316625	3.6055513	3	3.3166248	3.8729833	3.316625	3.3166248	3.16228	3.3386214
634	1622 (X)1	2.8284271	3.162278	3.316625	3	2.8284	3.3166248	3.6055513	2.44949	3	3	3.0507423

635	1623 (X)1	3.6055513	3.162278	2.828427	3.4641016	3	3.6055513	3.8729833	4			3.4423615
636	1624 (X)1	2.236068	2.828427	2.828427	3	3	2.8284271	2.4494897	2.828427	2.8284271	3.4641	2.8291795
637	1625 (X)1	3.3166248	2.645751	3.316625	2	3.1623	2.8284271	2.6457513	1.414214	3.1622777	3.16228	2.7654226
638	1701 (X)1	3	2.236068	1.414214	3	2.4495	3.3166248	3.8729833	3.316625	3.1622777	3	2.8768282
639	1702 (X)1	2.8284271	3	3.316625	3.1622777	2.8284	3	3.1622777	2.828427	2.6457513	2.82843	2.960064
640	1703 (X)1	2.8284271	3	3.162278	3	3.1623	3	3	3.316625	3.3166248		3.0873591
641	1705 (X)1	3.1622777	3.316625	3.316625	3.3166248	2.8284	3.4641016	3.1622777	3.316625	3		3.209287
642	1706 (X)1	3.3166248	3	3.162278	3.1622777	3.3166	3.1622777	3.3166248				3.2052439
643	1707 (X)1	3.4641016	3	3	2.8284271	2.8284	3	2.6457513	3.162278			2.9911231
644	1708 (X)1	3	3.316625	2.828427	3.6055513	3.3166	3	3.3166248	2.828427	3.1622777		3.1527286
645	1709 (X)1	3	2.828427	3.162278	3	3.1623	2.236068	2.6457513				2.8621145
646	1710 (X)1	3.3166248	3	3	3	3.3166	3.1622777	3.3166248				3.1588789
647	1711 (X)1	2.8284271	3.162278	3	3	3.1623	2.8284271	2.4494897	3			2.9288624
648	1712 (X)1	2.8284271	3.316625	2.645751	3.1622777	3.1623	3.1622777	2.8284271	2.828427	3	2.64575	2.9580242
649	1713 (X)1	3.1622777	3.162278	3.316625	3.1622777	3	3.1622777					3.1609559
650	1714 (X)1	3	2.645751	3	2.4494897	2.8284	2.4494897	2.6457513				2.716987
651	1716 (X)1	3	2.645751	3.316625	2.8284271	2.6458	3	3	3.162278			2.949854
652	1717 (X)1	3.1622777	3.464102	3.464102	2.8284271	4.1231	3.3166248	3.3166248	3			3.3344079
653	1718 (X)1	3	2.645751	3.316625	2.4494897							2.8529665
654	1719 (X)1	3.1622777	2.828427	2.44949	3.4641016	2.6458	2.8284271	3.3166248				2.9564428
655	1720 (X)1	3	2	3	2.8284271	3.4641	3.3166248	3.4641016	3.316625	3.1622777		3.0613508
656	1721 (X)1	3.3166248	3	2.645751	3	3	3.6055513	3.1622777	3.316625	3	2.82843	3.0875257
657	1723 (X)1	3	2.645751	3.316625	3	2.8284	3.1622777					2.9921801
658	1724 (X)1	3	3.464102	2.645751	2.8284271	3.6056	2.8284271					3.0620431
659	1725 (X)1	3	2.828427	3.162278	3.3166248	3.3166	3.3166248	3.3166248				3.1796006
660	1801 (X)1	3	3.162278	2.645751	2.8284271							2.909114
661	1803 (X)1	2.236068	2.828427	2.828427	2.8284271	2.8284	3.1622777	3.1622777	3.162278	3		2.8929566
662	1804 (X)1	2.6457513	2.828427	3	3	3	3.3166248	3.1622777	3	3		2.9947868
663	1805 (X)1	3	1.732051	3.464102	3.3166248	3.3166	2.236068	3.3166248				2.9117278
664	1806 (X)1	3	3.162278	2.828427	3.1622777	3	3	2.8284271				2.9973442
665	1808 (X)1	3	3	3.162278	3.3166248	2.6458	3.1622777	3	3.162278	2.6457513	2.82843	2.9923388
666	1809 (X)1	2.8284271	2.645751	2.236068	2.6457513	2.6458	2.6457513	2.8284271				2.6394182
667	1810 (X)1	3	3.316625	2.828427	3.1622777	3.3166	3.1622777	3	2.828427	3.1622777	3.16228	3.0939214
668	1811 (X)1	3.3166248	3	3	2.6457513	3	3.6055513	3.1622777	2.828427	2.8284271	3.16228	3.0549337
669	1812 (X)1	3	2.645751	2.828427	3	3.1623	3	3	2.828427	2.6457513	2.82843	2.8939062
670	1813 (X)1	3	1.414214	3.162278	3.3166248	3.3166	3.1622777	2	2.645751	3		2.7797522

671	1814 (X)1	3.1622777	3.464102	3.605551	3.3166248	3.4641	3.3166248	3.3166248	3.316625			3.3703164
672	1815 (X)1	2.8284271	3.464102	3	3.3166248	3	3.1622777					3.1285719
673	1816 (X)1	2.6457513	2.645751									2.6457513
674	1817 (X)1	3.1622777	3.162278	3.162278	2.8284271	1.4142	3	3.3166248	3			2.8807623
675	1818 (X)1	2.236068	3	2.645751	2.8284271	2.6458						2.6711995
676	1819 (X)1	3.3166248	3.316625	2.828427								3.1538922
677	1820 (X)1	2.6457513	2.645751	3								2.7638342
678	1823 (X)1	3.1622777	2.645751									2.9040145
679	1824 (X)1	3	2.44949	3	2.236068	1.4142	2.6457513	2.6457513	1.414214			2.3506859
680	1825 (X)1	2.4494897	3.316625	2.828427	2.8284271							2.8557422
681	1901 (X)1	3	3									3
682	1902 (X)1	2.4494897	2.645751	4.123106	3.1622777	3	4.3588989	2.6457513	3.162278			3.193444
683	1904 (X)1	2.6457513	2.828427	3								2.8247261
684	1905 (X)1	2.6457513	2.645751									2.6457513
550-2	1309 (X)1	2.8284271	2.828427									2.8284271
560-1	1321 (X)1	2.4494897	2.44949									2.4494897
564-1	1401 (X)1	2.8284271	2.236068	2.44949	2.236068	2.4495	2.6457513	2.236068	2.645751	2.6457513		2.4858738
569-1	1407 (X)1	2.4494897	2.236068	2.44949	2.8284271	2.6458	2.4494897	2.236068				2.4706834
621-1	1606 (X)1	2.6457513	1.732051									2.1889011
621-2	1607 (X)1	2.4494897	2.236068	2.828427	2.6457513	2.2361	3.1622777	2.4494897	2.645751			2.5816654
650-1	1715 (X)1	2.236068	2.44949	2.236068	2.4494897	2	2.4494897	2.4494897	2.44949	2.4494897		2.3521194