

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR EN DOS LÍNEAS DE MAÍZ
(*Zea mays* L.) EN UN SUELO DE REACCIÓN ALCALINA, BAJO
CONDICIONES DE RIEGO.”

POR:

ABRAHAM CRUZ ALONSO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

JUNIO DE 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR EN DOS LÍNEAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN UN SUELO DE REACCIÓN ALCALINA, BAJO CONDICIONES DE RIEGO.”

POR:

ABRAHAM CRUZ ALONSO

APROBADA POR EL COMITÉ DE TESIS



MC. LETICIA ESCOBEDO BOCARDO

PRESIDENTE



DR. RICARDO REQUEJO LÓPEZ

SINODAL



ING. ERICK VILCHIS RAMOS

SINODAL EXTERNO




MC. ANTONIO CÁRDENAS ELIZONDO

SINODAL SUPLENTE

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ BADILLO



Cóordinación
División de Agronomía

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. JUNIO DE 2011

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme estar aun vivo y concluir mis estudios sin ningún contratiempo, también por estar conmigo no físicamente sino espiritualmente en nuestra vida.

A MI ALMA TERRA MATER, por brindarme la oportunidad de prepararme profesionalmente y por darme todas las facilidades para concluir mi estancia académica.

A MIS PADRES, Agustín Cruz y Oralita Alonso Por haberme dado la vida y por estar conmigo en las buenas y en las malas, por haberme dado la oportunidad de prepararme profesionalmente y por todo su amor, gracias papas.

A MIS HERMANOS, Benito, Dionisia, Lisbeth y Rosaura por ser los mejores hermanos, por sus consejos y su apoyo incondicional.

A MIS SOBRINOS, Ociel, Heidi Joana, Abraham, Luís Fernando y Miriam Yareli por ser la alegría de la familia, por transmitirnos su energía y recordarnos que también fuimos niños.

A MIS TÍOS, José y Alicia por brindarme su apoyo incondicional, también por sus sabios consejos.

A MIS PRIMOS Luís Fernando, Guadalupe, Jesús, Rodrigo, Israel por sus consejos y apoyo incondicional.

A MI NOVIA por estar a mi lado en las buenas y en las malas y por el gran amor que me ha dado y por su comprensión.

A MIS AMIGOS José Daniel, Omegar, Epifanio, Juan, Bernardo y Mario Alberto por brindarme su amistad, por ser los mejores amigos.

A MIS COMPAÑEROS Yoseni, Magda, Alma Yaneth, Ana Karen, Hortensia, Paloma, Leticia, Maria de Lourdes, Juan Carlos, Juan Rubén, Florencio, Tomas, José Miguel, Fernando, a mis compañeras de Agrobiología Rosa Gloria y Rocío, a todos ellos por brindarme su amistad y por esos momentos de alegría que jamás olvidare.

A MIS PROFESORES: Dr. Abiel Sánchez, Dr. Ernesto Cerna, Dr. Oswaldo García, Dr. Melchor Cepeda, MC. Víctor Sánchez, por compartir conmigo todos sus conocimientos y TA. Silvia Ovalle por el gran apoyo brindado para la realización de esta investigación.

A MIS ASESORES: MC. Leticia Escobedo Bocado, MC. Antonio Cárdenas, ING. Erick Vilchis, DR. Ricardo Requejo López, por el tiempo dedicado para brindarme sus conocimientos y el apoyo en el análisis estadístico de esta investigación.

A LA EMPRESA PIONEER por brindarme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales y de igual forma realizar la presente investigación, así mismo por el gran apoyo que me brindo durante mi estancia.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sr. Agustín Cruz Hernández Y Sra. Oralia Alonso Hernández con todo mi amor.

A MIS HERMANOS:

Benito, Dionisia, Lisbeth y Rosaura, con todo mi cariño.

A MIS TÍOS:

José y Alicia con todo el amor.

A MIS SOBRINOS:

Ociel, Heidi Joana, Abraham, Luís Fernando y a mí consentida Miriam Yareli.

A MI NOVIA:

Con todo mi amor.

ABREVIATURAS

APL	Altura de planta
AMZ	Altura de mazorca
CV	Coefficiente de variación
°C	Grados centígrados
cm	Centímetros
DPL	Diámetro de planta
DMZ	Diámetro de mazorca
DPD	Diseño de parcelas divididas
DBCA	Distribución de bloques completos al azar
EE	Error experimental
Fv	Fuente de variación
G	Genotipo
GL	Grados de libertad
Gran	Granos
ha	Hectárea
K Fe	Kelutex Hierro
K Zn	Kelutex Zinc
Kg	Kilogramo
LONMZ	Longitud de mazorca
m	Metro
mm	Milímetro
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
Mn	Manganeso
Mg	Magnesio
N	Nitrógeno
N	NutriVan
Ns	No significativo
P	Fosforo
pH	Potencial de Hidrogeno

ppm	Partes por millón
R	Repetición
S C	Sagaquel Cobal
S Fe	Sagaquel hierro
T	Tratamiento
TCPA	Tasa de crecimiento promedio anual
Tg	Testigo

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	iii
ABREVIATURAS.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	2
Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	3
Origen y distribución del maíz.....	3
Clasificación taxonómica de la planta de maíz.....	4
Descripción.....	4
Requerimientos y exigencias del cultivo.....	5
Nitrógeno (N).....	6
Fósforo (P).....	6
Potasio (K).....	7
Micronutrientes.....	7
Magnesio.....	7
Hierro (Fe).....	8
Zinc (Zn).....	8
pH del suelo.....	8
Suelo.....	9
Fertilización foliar.....	9
Generalidades.....	9
Origen e historia.....	9
Uso e importancia económica.....	10
Importancia práctica de la fertilización foliar.....	12
Baja disponibilidad de nutriente en los suelos.....	12
Suelo superficial seco.....	12
Disminución de la actividad de las raíces durante el estado reproductivo.....	12

Incremento en el contenido de proteína en la semilla de cereales.....	12
Incremento del contenido de calcio en frutos.....	13
Ventajas de la fertilización foliar.....	13
Desventajas de la fertilización foliar.....	15
Factores que afectan la absorción foliar.....	15
Temperatura.....	16
Luminosidad.....	16
Humedad.....	16
Edad y posición de la hoja.....	16
Características de la solución aplicada.....	17
Dosis.....	17
Solubilidad.....	17
pH de la solución.....	17
Concentración de sales.....	17
Surfactantes y adherentes.....	17
Presencia de sustancias activadoras.....	18
Quelatos en la fertilización foliar.....	18
Funciones de los quelatos en la fertilización foliar.....	19
Aplicación foliar con aminoácidos.....	20
Factores que inciden en su absorción, movimiento y	
Distribución de aminoácidos.....	20
Absorción foliar.....	22
Absorción estomática.....	22
Absorción cuticular.....	22
Investigaciones realizadas con fertilizantes foliares.....	23
Importancia del cultivo en México.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
Localización y descripción del área experimental.....	25
Ubicación geográfica.....	25
Clima.....	25
Características físico-químicas del suelo.....	25
Materiales y equipos.....	25
Material genético.....	26

Fertilizantes evaluados.....	26
Tratamientos.....	28
Diseño experimental.....	29
Análisis estadístico.....	29
VARIABLES EVALUADAS.....	29
Altura de planta (APL).....	29
Altura de inserción de mazorca (AMZ).....	29
Diámetro de planta (DPL).....	29
Diámetro de mazorca (DMZ).....	30
Longitud de mazorca (LONMAZ).....	30
Numero de granos (GRAN).....	30
Cuantificación de polen (POLEN).....	30
Desarrollo del experimento.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
V. CONCLUSIONES.....	44
VI. RECOMENDACIONES.....	45
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	46
VIII. APÉNDICE.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Cuadrados medios, significancia y coeficiente de variación de las variables evaluadas para los genotipos de maíz.....	32
CUADRO 2. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta.....	33
CUADRO 3. Prueba de Tukey al 5% para altura de mazorca.....	35
CUADRO 4. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de planta.....	37
CUADRO 5. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de mazorca.....	39
CUADRO 6. Prueba de Tukey al 5% para longitud de mazorca.....	41
CUADRO 7. Prueba de Tukey al 5% para número de granos.....	42
CUADRO 8. Prueba de Tukey al 5% para cuantificación de polen.....	43
CUADRO 9. Datos de campo.....	51
CUADRO 10. Datos de campo.....	52
CUADRO 11. Datos de campo.....	53
CUADRO 12. Datos de campo.....	54
CUADRO 13. Datos de campo.....	55
CUADRO 14. Datos de campo.....	56
CUADRO 15. Datos de campo, polen.....	57
CUADRO 16. Datos de campo, polen.....	59

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRAFICA 4.1: efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre la altura de planta.....	34
GRAFICA 4.2: efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre la altura de planta.....	34
GRAFICA 4.3: efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre la altura de inserción de la mazorca.....	36
GRAFICA 4.4: efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre la altura de inserción de la mazorca.....	36
GRAFICA 4.5: efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre el diámetro de planta.....	38
GRAFICA 4.6: efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre el diámetro de planta.....	38
GRAFICA 4.7: efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre el diámetro de mazorca.....	40
GRAFICA 4.8: efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre el diámetro de mazorca.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Croquis de distribución de las dos líneas en campo.....	38
--	----

I. INTRODUCCIÓN

En México, el maíz (*Zea mays* L.) es la base de la alimentación del pueblo. En 1997 se sembraron 9.13 millones de hectáreas con una producción de 17.66 millones de toneladas (SAGAR-CEA, 1997), que no cubrió el consumo nacional de 23.8 millones, y hubo que recurrir a la importación (INEGI, 1997). Para incrementar la producción es esencial contar con semilla de calidad, con todos los atributos físicos, biológicos, sanitarios y genéticos (Basra, 1995) que aseguren un rápido y uniforme establecimiento del cultivo, y que permitan desarrollar el máximo potencial de rendimiento en diversas condiciones de campo (Dornbos, 1995).

La semilla se procura producir en condiciones óptimas de manejo. Como no existen métodos específicos publicados para la producción de semilla de híbridos o variedades de maíz, se utilizan prácticas culturales del cultivo comercial, con modificaciones (Curtis, 1980 citado por Zepeda *et al.*, 2002). En lo que se refiere a nutrición, de la cual depende, en gran parte, la calidad física y fisiológica de la semilla, es necesario evaluar técnicas que proporcionen los nutrimentos en el momento y cantidad adecuada. Por ello, la fertilización foliar puede ser una alternativa para incrementar el rendimiento y calidad de semilla mediante la aportación y rápida asimilación de los nutrimentos durante la formación y desarrollo de la misma, especialmente cuando se produce semilla de cruza simples, cuyos rendimientos son bajos y los costos elevados (Jugenheimer, 1981). Aun cuando la cruza simple se usara como progenitor para producir semilla de cruza doble, su alto valor económico hace rentable un buen manejo para optimizar rendimiento y calidad.

En el proceso de mejoramiento genético y selección de genotipos superiores se ha puesto mucha atención en mejorar los componentes principales del rendimiento de grano, como lo son el número de espigas/m², número de granos/espiga, y peso de 100 granos (Guberac *et al.*, 2000; Maled y Hanchinal, 1997; García *et al.*, 2003) encontrando que el número de espigas/ m² es el componente que mayor contribución tiene en el rendimiento en cereales de grano pequeño.

La fertilización foliar utilizada como complemento a la aplicación de fertilizantes al suelo ha permitido incrementar el rendimiento y calidad de los productos. Pérez (1988) señala que la aplicación foliar de NPK en el estado vegetativo del maíz establecido en un

suelo andosol de la Sierra Tarasca, incrementó significativamente el rendimiento medio de grano en 13 % con relación al testigo, y en 22 % con la aspersión de NPK + micronutrientes. Asimismo, Ashoub *et al.*, (1996) Mencionan que al aplicar una fertilización de 190 a 286 kg N ha⁻¹ más 1 ó 2 aplicaciones foliares de 72 mg L⁻¹ de Zn o de 84 mg L⁻¹ de Mn, y el de ambos en combinación, se incrementó el rendimiento de grano de maíz.

Acerca del efecto de la fertilización foliar en el rendimiento y la calidad de la semilla, Ren *et al.* (1988) señalan que la aplicación foliar de sulfato de zinc 0.2 % en maíz, en el estado fenológico de ocho hojas, incrementó en 18 % el rendimiento respecto al testigo.

Considerando la escasa información en México y dentro de las empresas respecto al uso de la fertilización foliar en la producción de semilla de híbridos y variedades de maíz, este trabajo se justifica ya que no hay reportes de estudios sobre el tema mencionado. El objetivo de esta investigación es:

Objetivo general

Evaluar el efecto de la fertilización foliar en dos líneas de maíz en un suelo de reacción alcalina, bajo condiciones de temporal.

Hipótesis

La baja absorción/asimilación de N, P, K, Fe, Mg, Zn y B por el cultivo debido al pH alcalino del suelo, será incrementada con la aplicación foliar de esos micronutrientes, lo que favorecerá el comportamiento agronómico de los genotipos en estudio.

Palabras clave. Estimación de polen, altura de planta, diámetro de planta, diámetro de mazorca, unidades por mazorca, fertilizantes foliares.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

MAÍZ (*Zea mays* L.)

Fuster (1974), expresa que “El maíz es una planta anual, originaria de América del Sur, donde los aborígenes lo cultivaban para aprovechar el valor alimenticio de sus granos. En la actualidad su cultivo se ha extendido a muchas de las regiones templadas y cálidas del mundo. Importante como planta alimenticia es también excelente forrajera y tiene numerosas aplicaciones industriales.”

Martínez (1995), manifiesta que “En la Florida y Nueva Granada los indígenas lo consumían, siendo la base de su régimen alimenticio, Los incas también lo consumían tierno, asados sobre la brasa. En Europa la introdujeron los españoles y los portugueses, donde su desarrollo y extensión de cultivo no han cesado de aumentar, si bien su empleo principal es el alimento del ganado.”

Origen y Distribución del maíz

Cazco (2006), dice “El origen geográfico del maíz no se conoce con exactitud aunque existen evidencias que lo sitúan en México con anterioridad al año 5000 A.C. Sitúa el centro primario de origen el sur de México y Centroamérica, y un origen secundario de diversidad genética a los valles altos como: Perú, Ecuador, Bolivia. Tiene una amplia distribución geográfica se le encuentra desde las regiones este y sur este de USA, México, América Central y del sur.

Clasificación taxonómica de la planta de maíz (Terán, 2008)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Especie: *mays*

Nombre científico: *Zea mays* L.

Descripción

Según Fuster (1974), “En esta planta, el fruto y la semilla forman un solo elemento: el grano o cariopse. La raíz es fibrosa. El tallo es una caña de unos 3cm de diámetro, valor promedio, y de 1 a 2,50 m de longitud, según las variedades. Las hojas son acintadas, paralelinervadas y de implantación alternada. Posee flores masculinas y femeninas en distintos lugares de una misma planta (monoica): las flores masculinas, en el penacho terminal del tallo, y las femeninas, en espigas axilares.”

Gostincar (1998), expone que “las variedades híbridas provienen del cruzamiento de dos **líneas puras** y tienen la ventaja de manifestar la heterosis o el llamado vigor híbrido. En las variedades híbridas, todos los individuos de la población son idénticos pero heterocigóticos, lo cual significa que no pueden reproducirse en individuos iguales a sí mismo. Las líneas puras de plantas autogamas podrían conservarse indefinidamente, generaciones tras generaciones, si las siembras se mantuvieran libres de plantas extrañas. Las variedades sintéticas pueden desequilibrarse por el efecto selectivo del medio sobre los individuos integrantes de la población inicial y pueden perder potencial productivo. Finalmente, cabe apuntar que las variedades híbridas no se conservan o, lo que es lo mismo, su descendencia no resulta igual a los progenitores, ofreciendo una gran variabilidad.”

Cazco (2006), manifiesta que “El maíz se ha tomado como un cultivo muy estudiado para investigaciones científicas en los estudios de genética. Continuamente se está estudiando su genotipo y por tratarse de una planta monoica aporta gran información ya que posee una parte materna (femenina) y otra paterna (masculina) por lo que se pueden crear varias recombinaciones (cruces) y crear nuevos híbridos para el mercado. Los objetivos de estos cruzamientos van encaminados a la obtención de altos rendimientos en producción.”

Tadeo (2000), manifiesta que “Las semillas mejoradas son un insumo estratégico en la agricultura, pues ayudan a elevar la producción, el rendimiento y la eficiencia para cubrir las necesidades alimenticias de la población y competir en el ámbito internacional”. Un alto rendimiento por hectárea a bajo costo, resistencia a fuertes vientos y enfermedades por hongos, y una baja estatura que facilita la cosecha son las bondades de los híbridos con los que se está trabajando en la actualidad además de que se pueden conseguir híbridos para distintas regiones.

Requerimientos y exigencias del cultivo

Todas las plantas requieren una serie de nutrientes que los obtienen del medio que las rodea y se clasifican en no minerales (carbono, hidrógeno y oxígeno) y minerales. En el caso de los minerales se clasifican en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio), secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, y zinc) todos son importantes y deben mantener un equilibrio para el óptimo desarrollo de los vegetales (INPOFOS, 1997).

Nitrógeno (N)

El nitrógeno se encuentra en forma libre como componente del aire; en forma orgánica, constituyendo la formación de tejidos y órganos vegetales, animales, desechos y en forma mineral como compuestos simples que se caracterizan por su solubilidad mayor o menor según los distintos medios (Rodríguez, 2001).

El nitrógeno en la planta es esencial para el crecimiento ya que forma parte de cada célula viva. La planta absorbe el nitrógeno en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-) y algo en forma de urea y aminoácidos solubles por el follaje. En casos de deficiencia las plantas se tornan de un color amarillento ya que se le dificulta la síntesis de clorofila (INPOFOS, 1997).

Existe evidencia que la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz aumenta la absorción de Zn (Goldman *et al.*, 2002; Ratto *et al.*, 1991), incrementando así la cantidad de elementos extraídos.

Fósforo (P)

La planta absorbe el P como iones orto fosfato primario (H_2PO_4^-) y en pequeñas cantidades como orto fosfato secundario (HPO_4^{2-}) este elemento depende mucho del pH para que sea aprovechado por las plantas, su deficiencia se nota principalmente en las hojas viejas por su movilidad a las partes apicales, frutos y semillas. Los síntomas de deficiencia son el enrojecimiento del follaje más viejo, hojas distorsionadas y puede retardar la madurez del cultivo (INPOFOS, 1997).

Raymond y Pradet (1984) mencionan que el fósforo estimula la formación y el crecimiento temprano de las raíces. Da a las plantas un crecimiento inicial rápido y vigoroso. Además muy importante en la formación de grano.

El exceso de fósforo puede acelerar unilateralmente la madurez a costo del crecimiento vegetativo. Además de ello, las deficiencias de elementos menores (particularmente zinc y hierro) han sido atribuidas en ciertos casos a un exceso de fosfatos que origina depresiones en el rendimiento (Jacob, 1964).

Potasio (K)

Según INPOFOS (1997), “El potasio es absorbido por la planta de forma iónica (K⁺) a diferencia del N y P que forman compuestos orgánicos. El K₂O tiene como funciones la síntesis de proteínas; controlar el balance iónico; activa sistemas enzimáticos del metabolismo de las plantas; es importante en la formación de los frutos ayuda a resistir heladas y ataque de enfermedades.

En caso de deficiencias los síntomas son marchitamiento y quemaduras del borde de las hojas además el crecimiento es lento, mal desarrollo radicular y tallos débiles por consiguiente acames. Las semillas son de mala calidad y muy pequeñas (INPOFOS, 1997).

Raymond y Pradet (1984), mencionan que el potasio aumenta el vigor de las plantas y su resistencia a las enfermedades, también estimula la producción y aumenta el llenado de los granos y de las semillas.

Micronutrientes

Los micronutrientes que son el B, Cu, Cl, Fe, Mn, Mo y Zn de igual manera son sumamente importantes con la diferencia que son absorbidos en pequeñísimas cantidades. Cuando todos los nutrientes están en equilibrio el desarrollo de los cultivos son de lo más normal pero basta el déficit de uno de ellos para que los problemas se presenten (INPOFOS, 1997).

Magnesio

El Mg es absorbido en forma del catión Mg⁺⁺, el cual tiene varias funciones en la plantas. Una de las funciones más importantes es que forma parte de la clorofila, el pigmento responsable de la fotosíntesis y del color verde de las plantas. También interviene en el proceso de traslado de azúcares a los granos en forma similar al potasio aunque en un segundo plano de importancia. La disponibilidad del Mg se halla frecuentemente relacionada al pH del suelo. Investigaciones científicas han demostrado que la disponibilidad del Mg disminuye a niveles altos y bajos de pH.

Hierro (Fe)

El hierro esta directamente ligado a la fotosíntesis. Participa en la síntesis de clorofila junto con el magnesio. Es fundamental para el aprovechamiento del nitrógeno, cumpliendo un rol, similar a azufre.

Zinc (Zn)

El Zinc interviene en la síntesis de auxinas, tiene gran afinidad para formar complejos con N, oxígeno(O) y azufre (S) en funciones catalíticas y estructurales de reacción enzimática. Es absorbido del suelo principalmente en forma de cationes bivalentes Zn^{2+} y Zinc hidratado. Se ha encontrado que la aplicación de quelato de Zn a las semillas de maíz puede aumentar la velocidad de germinación y el vigor de la plántula (Miguez, 2006).

El Maíz es un cultivo con elevados requerimientos y capacidad de respuesta a la fertilización. Han sido ampliamente reportados incrementos de rendimiento por el agregado de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Azufre (S). Sin embargo, existen otros nutrientes con potencial para mejorar la productividad del cultivo. Uno de los elementos cuyo efecto favorable ha sido mencionado reiteradamente es el Zinc (Zn). En ensayos realizados en la campaña 2004/05 y 2005/06 (Ferraris *et al.*, 2005; 2007), se determinaron incrementos significativos del rendimiento por agregado de este nutriente por vía foliar.

PH del suelo

INPOFOS (1997), define al pH del suelo como “la relativa condición básica o ácida. La escala de pH cubre un rango de 0 a 14. Un valor de pH 7 es neutro, sobre 7 básico y al contrario ácido”.

Para una adecuada agricultura es necesario manejarse con valores de pH neutros o no alejados de este valor ya que caso contrario el cultivo se verá afectado por el bloqueo de nutrientes o toxicidad.

Suelo

El suelo es donde se encuentran la mayoría de los elementos que la planta requiere para nutrirse, además es una estructura de arena limo y arcillas a la cual se une la materia orgánica, donde se albergan las raíces de la planta cumpliendo la función de sostén y absorción de nutrientes (INPOFOS, 1997).

Tecnur (2008), define al suelo como “la parte fundamental de los ecosistemas terrestres. Contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan. En el se apoyan y nutren las plantas en su crecimiento y condiciona, por tanto, todo el desarrollo del ecosistema”

Fertilización foliar

-Generalidades

- Origen e Historia

La nutrición de las plantas por las hojas es una práctica antigua para aumentar la producción de los cultivos, pues se afirma que en la época Babilónica ya se practicaba el rociado de las hojas de los árboles con suspensiones de excrementos mezclados con ceniza vegetal. Indudablemente esta práctica solo tenía fundamento empírico, ya que la ciencia de aquella época no había llegado a intuir el fenómeno de la absorción foliar (Vallejo, 1991).

El descubrimiento de los fundamentos científicos de la nutrición mineral a través de las hojas, se sitúa a mediados del siglo XIX, cuando el fisiólogo francés Gris realizó estudios que pusieron de manifiesto la evidencia de la absorción de elementos nutritivos por los tejidos de las hojas (Mascareño, 1987).

Unos de los avances científicos de mayor importancia de toda la humanidad fue el descubrimiento de que todas las plantas se nutrían por medio de minerales, ya que este hizo que el rendimiento se duplicaran varias veces (Papadakis, 1974).

La nutrición vía foliar se practica desde el principio del siglo XVII, empezando a resumirse los resultados a mediados del mismo siglo. Los primeros trabajos se hicieron en Europa Occidental y de ahí se empezó a difundir su práctica.

La primera demostración comercial de la nutrición foliar realizada sobre bases científicas comprobables, se hizo según Boyton, (1954) en cultivo de piña en Hawai, en suelos con exceso de manganeso que impedían la disponibilidad de hierro a las plantas, se aplicaron al follaje soluciones de sulfato de hierro (FeSO_4), con resultados ampliamente satisfactorios.

Posteriormente se realizaron numerosos trabajos de este tipo, con resultados cada vez mas alentadores, hasta que al fin el sistema de fertilización química foliar se ha adaptado en varios cultivos de importancia agrícola.

Uso e importancia económica

Se menciona que la fertilización foliar tiene un propósito fundamental de corregir rápidamente las deficiencias nutricionales de carácter temporal. Para llevar a un buen término esta práctica, es preciso conocer los niveles óptimos de los nutrientes más importantes en cada una de las etapas críticas de desarrollo de los cultivos y su balance nutricional. En repetidas ocasiones la deficiencia de nutrimentos en los cultivos es provocada por el mal manejo de los fertilizantes en cuanto a la dosis, forma y época de aplicación al suelo o por vía foliar; el exceso de algunos puede dar lugar a un desbalance nutricional y la aplicación incorrecta disminuye el aprovechamiento del fertilizante (SARH, 1987).

La fertilización foliar consiste en aportar pequeñas cantidades de minerales en forma asimilable a la planta. Es complemento de la fertilización de suelo con el propósito de suministrar los elementos que requieren las plantas en el momento más oportuno.

La fertilización foliar se dice que existe desde 1954; y se ha considerado como un sistema en la agricultura que consiste en suministrar por medio de aspersiones, los nutrientes principales y necesarios para lograr una nutrición oportuna, ya que la toma de

nutrientes por vía foliar, es mas rápida que el método mas común esto es el suelo, sobre todo cuando existen problemas de fijación al suelo de los nutrientes (Estrada, 1995).

Las experiencias efectuadas por vía foliar y por vía raíz se han realizado para corregir deficiencias nutricionales en árboles frutales que padecían clorosis (en diferencias minerales de fierro, manganeso, azufre y magnesio) principalmente de fierro, que causa el amarillamiento de las hojas, lo cual ha probado que las aspersiones foliares corrigen mas rápidamente la deficiencia (clorosis), que las aplicaciones tradicionales (Estrada, 1995).

De acuerdo con el mal uso de los fertilizantes foliares y las perdidas que se ocasionan en campo ya sea por el viento, las lluvias y algunos otros factores, se consideró que se debe de mezclar con alguna otro ingrediente que facilitara la absorción de las gotas que quedan en la superficie de las hojas (Klingman y Ashton, 1991).

La fertilización foliar es uno de los métodos mas económicos con el cual se han logrado resultados que incrementan más los rendimientos y se utilizan a escala comercial, esta técnica ha revolucionado la agronomía para corregir deficiencias o disminuir costos del cultivo manteniendo o mejorando los rendimientos (Ignatieff, 1969).

Los fertilizantes se pueden aplicar mezclados con insecticidas y fungicidas, siempre y cuando exista compatibilidad, consiguiéndose un menor costo de aplicación cuando se tienen programas de aspersiones para combatir plagas y enfermedades.

Con la finalidad de proporcionarles estos nutrimentos a las plantas, sin que los factores ambientales disminuyan su efecto, el hombre se ha preocupado por encontrar la forma mas eficiente de aplicarlos, encontrando después de muchos años de estudio que la fertilización foliar puede evitar que las malas hierbas aprovechen del suelo los fertilizantes que se le pudieran aplicar al cultivo por la absorción de nutrimentos (Yagodin, 1982).

Las plantas presentan deficiencias ligeras o agudas, que se identifican mediante análisis foliares y/o visualmente también se presentan casos de toxicidad en el follaje por “sobre dosis” de agroquímicos foliares y fertilizantes mezclados (Anónimo, 1987).

Importancia practica de la fertilización foliar

La aplicación foliar de nutrientes presenta una gran utilidad práctica bajo ciertas condiciones que se detallan a continuación (Marshner, 1998):

➤ **Baja disponibilidad de nutriente en los suelos.**

En suelos calcáreos, por ejemplo, la disponibilidad de hierro es muy baja y es muy común la deficiencia de este nutriente. La aplicación foliar es mucho más eficiente que la aplicación al suelo. Esto sucede también con la mayoría de los micronutrientes bajo condiciones de suelos alcalinos.

➤ **Suelo superficial seco.**

En regiones semiáridas, una carencia de agua disponible en la capa superficial del suelo origina una disminución en la disponibilidad de nutrientes durante el período de crecimiento del cultivo. Aún a pesar que el agua pueda encontrarse disponible en el subsuelo, la nutrición mineral se convierte en el factor limitante del crecimiento. Bajo estas condiciones, la aplicación de nutrientes al suelo es menos efectiva que la aplicación foliar.

➤ **Disminución de la actividad de las raíces durante el estado reproductivo.**

Como resultado de una competencia por carbohidratos, la actividad de la raíz y por ende la absorción de nutrientes por las raíces disminuye tan pronto se inicia el estado reproductivo (floración y fructificación). Las aplicaciones foliares pueden compensar esta disminución de nutrientes durante esta etapa.

➤ **Incremento en el contenido de proteína en la semilla de cereales.**

En cultivos de cereales como el trigo, el contenido de proteínas de las semillas y así su calidad para ciertos propósitos (e.g. alimentación animal, harinas) puede ser rápidamente incrementada por la aplicación foliar de nitrógeno en los últimos estados de crecimiento. El nitrógeno aplicado durante estos estados es rápidamente retranslocado o removilizado de las hojas y directamente transportado hacia el llenado mejorando la calidad de los granos.

➤ **Incremento del contenido de calcio en frutos.**

Los desórdenes ocasionados por el calcio son ampliamente conocidos en ciertas especies de plantas. Debido a su baja movilidad vía floema, las aplicaciones foliares de calcio deben realizarse varias veces durante el estado de crecimiento. Sin embargo, en frutales se han encontrado resultados positivos a las aplicaciones foliares de calcio durante la etapa de fructificación, en especial en la superficie de frutos en desarrollo.

Ventajas de la fertilización foliar

Los nutrientes penetran con rapidez al interior de la planta, por lo que la adición foliar de los nutrientes donde frecuentemente existen problemas o carencia de elementos es efectiva (Rodríguez, 2001).

Las ventajas de la fertilización foliar son las siguientes:

- Permite una rápida utilización de los nutrientes, corrigiendo deficiencias en corto plazo, lo cual muchas veces no es posible mediante la fertilización al suelo.
- Permite el aporte de nutrientes cuando existen problemas de fijación en el suelo.
- Permite la aplicación simultánea de una solución nutritiva junto con agroquímicos, economizando labores.
- Es la mejor manera de aportar micronutrientes a los cultivos. Los macronutrientes, como se requieren en grandes cantidades, presentan la limitación que la dosis de aplicación no pueden ser tan elevadas, por el riesgo de fitotoxicidad, además de requerir un alto número de aplicaciones determinando un costo que lo haría impracticable para la mayoría de los cultivos. En cambio, la aplicación de micronutrientes que se requiere en pequeñas cantidades, se adecua perfectamente junto con la aplicación complementaria de macronutrientes.
- Ayuda a mantener la actividad fotosintética de las hojas.

- Permite el aporte de nutrientes en épocas críticas y de alto requerimiento nutricional o stress, como son los siguientes casos:
 - ✓ **Sequía:** Las plantas absorben nutrientes a través de una solución en la cual éstos están disueltos. En el caso de un stress hídrico, esta absorción se dificulta severamente limitando la nutrición y comprometiendo el desarrollo del cultivo. En este caso, el aporte de nutrientes vía foliar, permite aliviar esta dificultad, no obstante, se debe tener en cuenta que en estas condiciones las plantas son mucho más sensibles a los efectos de toxicidad causada por las aplicaciones foliares.
 - ✓ **Inundaciones:** El efecto del exceso de agua en el suelo es similar al de la sequía. En este caso, la falta de oxígeno suficiente para la actividad radicular, presenta la misma consecuencia para la planta, de no poder absorber la cantidad de nutrientes necesaria, presentando en este caso la nutrición vía foliar una alternativa adecuada a la pérdida de nitrógeno por desnitrificación.
 - ✓ **Bajas temperaturas:** El efecto de las bajas temperaturas se manifiesta en el daño que puede sufrir el follaje y en su efecto en el suelo. Las heladas pueden ocasionar un daño tal al follaje, que se limite la actividad fotosintética de la planta, limitándose por ende, la absorción de nutrientes. En este caso, las aplicaciones foliares, de más rápida respuesta, permiten que la planta se recupere más rápidamente de esta condición de stress. Por otra parte, en las latitudes extremas, es frecuente que las bajas temperaturas congelen el suelo, limitándose en este caso la actividad de las raíces. Aquí también, la nutrición vía aplicaciones foliares ayuda las plantas a sobrellevar esta situación adversa.
- Estimula la absorción de nutrientes. La fertilización foliar con dosis aún baja de nutrientes, además de su acción nutritiva, tiene un efecto de estimulación parcial de los procesos productivos de las plantas, estimulando el crecimiento y su capacidad asimilante, lo cual se manifiesta en una mayor absorción de nutrientes y un mejor rendimiento a la cosecha.

Desventajas de la fertilización foliar

Las principales limitaciones de la fertilización foliar se enumeran a continuación:

- **Riesgo de fitotoxicidad:** Las especies vegetales son sensibles a las aplicaciones foliares de soluciones nutritivas concentradas. Para cada nutriente existen valores límites de concentración.
- **Dosis limitadas de macronutrientes:** Con esta técnica no se suplen todos los requerimientos de los elementos mayores, incidiendo en quemazón por sales saturadas.
- **Requiere un buen desarrollo del follaje:** La nutrición foliar depende de la absorción que se realiza a través del follaje. Si éste tiene un desarrollo limitado, la aplicación no será eficiente. Los mejores resultados se obtienen mientras mayor sea el desarrollo del follaje.
- **Pérdidas en la aspersión:** Para asegurar una buena absorción de la solución nutritiva aplicada, se debe asegurar un buen humedecimiento del follaje. Luego, se deben aplicar grandes cantidades de solución, resultando inevitable que una parte de ésta se pierda por el viento, evaporación o escurra por gravedad y caiga al suelo. Por esto, es conveniente evaluar la utilización de surfactantes, para minimizar estas pérdidas.

La eficiencia agronómica depende de muchos factores: Son numerosas las variables que participan en la eficiencia de las aplicaciones foliares, relacionadas con la planta, con el medio ambiente y con las condiciones inherentes a la aplicación que se deben manejar adecuadamente.

Factores que afectan la absorción foliar

La absorción foliar, es el medio por el cual se transportan los nutrientes disueltos en agua, y que la superficie mojada de la hoja debe de ser la mayor posible, ya que la tensión superficial del agua es distinta a la de la cutícula. La gota tiende a formar una esfera, que va disuelta en el área de contacto, de ahí que se agrega al agua sustancias adherentes y coadyuvantes que disminuyen la tensión superficial para aumentar de esta manera el área de mojado. La superficie inferior de la hoja es 3 a 5 veces mas delgada que la superficie superior (Rodríguez, 1982).

La eficiencia de la fertilización foliar es favorecida por temperaturas altas o bajas que varían para la asimilación de cada una de los elementos (Anónimo, 1988).

Temperatura

Entre los 20 y 26°C la cutícula de la hoja se ablanda y el agua es mas fluida y aumenta la absorción de las solución nutritiva aplicada (Rodríguez, 2001).

Luminosidad

Este factor es de mucha importancia para las aplicaciones foliares, ya que esta debe llevarse a cabo por la mañana para evitar quemaduras en el follaje y perdidas de evaporación, considerando así una mayor absorción de los nutrientes, y evitar daño por la aplicación (Davis, 1974).

Humedad

Cuando existe un alto porcentaje de humedad relativa, la velocidad de evaporación del agua es muy baja en la superficie de la hoja y por lo tanto favorece la penetración al interior de la planta. En cambio, si la humedad relativa es baja las gotas de agua se evaporan muy rápido, quedando solo cristales cuya absorción será demasiado lenta (Anónimo, 1975).

Edad y posición de la Hoja

Se presentan varias tasas de absorción en lo que respecta a la edad de la hoja mientras que las hojas que se encuentran en la parte superior son mas eficientes que las inferiores (Boyton, 1954).

Las hojas jóvenes tienen una mayor capacidad de absorción que las hojas viejas (Rodríguez, 2001).

Características de la solución aplicada

Dosis

Es común aplicar diferentes tipos y dosis de fertilizantes foliares, sin conocer el nivel de aprovechamiento por las plantas.

Solubilidad

Los fertilizantes son en cierto grado solubles en agua, no obstante, algunos en dosis alta forman suspensiones, tal es el caso de algunos quelatos. Los elementos menores en forma de sulfatos, presentan buena solubilidad.

PH de la Solución

Se ha demostrado que al trabajar con fertilizantes foliares, se tiene una eficiencia óptima en la absorción por los estomas, la mayoría de los fertilizantes tienen el PH neutro o alcalino, por lo que las soluciones foliares no alcanzan el PH de 4 a 5 (Dybing, 1961).

Concentración de Sales

Cualquier solución foliar que tenga arriba de 0.5% de sales (5000 ppm), tiende a disminuir el aprovechamiento de los fertilizantes por la planta.

Surfactantes y adherentes.

La adición de surfactantes y adherentes a la solución foliar, favorece el aprovechamiento de los minerales y solutos orgánicos. El mecanismo de acción consiste en romper la tensión superficial de las moléculas de agua para permitir una mayor superficie de contacto de la formulación con la hoja; con una mejor distribución de la solución nutritiva, evitando concentraciones de la solución en puntos aislados que pueden causar quemazón cuando el agua se evapora. Las principales funciones del uso de aditivos o coadyuvantes son:

- Ajustar el pH de la solución (pH óptimo: 4,5 - 5,5)
- Intensificar el efecto humectante y adherente.
- Intensificar el efecto surfactante, esto es, asegurar una buena cobertura distribución de la solución nutritiva.

- Incrementar la capacidad de penetración de los nutrientes.
- Disminuir las pérdidas.

Presencia de sustancias activadoras.

Se ha observado que la urea estimula la absorción del P (Malavolta, 1998); lo mismo sucede con aminoácidos de origen vegetal aplicados foliarmente, donde, al aumentar la dosis se incrementa las concentraciones de P en la biomasa de arveja (*Pisum sativum*) (Gómez, 2003).

Quelatos en la fertilización foliar

En virtud de evitar los factores que disminuyen la disponibilidad de los nutrientes a nivel edáfico y foliar principalmente de elementos menores se ha venido utilizando los quelatos en la nutrición foliar. Mediante la quelatización de los iones se logra una mayor eficiencia de uso y absorción por la planta.

Un **quelato** puede definirse como una estructura cíclica compuesta por un átomo de metal rodeado por un grupo de átomos o moléculas orgánicos denominados ligantes.

Los cationes micronutrientes como el hierro, zinc, cobre y manganeso no son disponibles en muchas soluciones de suelo cuando son proporcionados a través de sales inorgánicas. Esta insolubilidad es más pronunciada cuando el pH del suelo es mayor de 5, debido a que los cationes reaccionan con los iones hidróxilos y son precipitados.

Esta reacción disminuye la cantidad de hierro disponible para las plantas. Debido a este tipo de reacción, los metales quelatados se convierten en un importante medio de abastecimiento de micronutrientes para las plantas. En el ejemplo anterior, si en lugar de una sal inorgánica de hierro, se utilizará un quelato de hierro, el ion férrico se encontraría protegido de precipitaciones y por tanto existiría un incremento de hierro disponible para la planta.

Las características que debe tener un quelato son:

- El metal (Fe, Zn, Mn o Cu) en el anillo del quelato no debe ser fácilmente reemplazado por otros metales.
- El quelato debe ser estable frente a problemas de hidrólisis.
- El agente quelatante no debe ser descompuesto por la luz.
- El quelato debe ser soluble en agua.
- El quelato no debe ser fácilmente fijado en el suelo.
- El quelato debe ser disponible tanto por las raíces como por cualquier parte de la planta.
- El agente quelatante no debe ser tóxico a la planta en las cantidades requeridas.
- El quelato debe estar en una forma que sea fácilmente aplicado al suelo o a la planta.

Todos los cationes polivalentes son capaces de formar quelatos, pero cada quelato difiere en la facilidad con el cual es quelatado. La estabilidad de los quelatos o el poder reemplazante de los elementos en orden decrecientes es el siguiente: $\text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$.

El quelato férrico es mucho más estable que cualquier otro quelato metálico. Por esta razón, en solución el ion férrico puede reemplazar igual concentración de cualquiera otro de los metales del anillo quelatante.

Asimismo, cada agente quelatante también difiere en su habilidad para combinarse con un determinado catión y llegar a quelatarlo. La habilidad del agente quelatante para ligar al catión es evaluado a través de su constante de estabilidad. En general, cuanto mayor es la constante de estabilidad más estable es el quelato bajo condiciones adversas de suelo (Malavolta, 1998).

Funciones de los quelatos en la fertilización foliar

- La primera es la protección del nutriente, manteniendo al mismo en una situación de solubilidad, disponibilidad para la planta y facilitando la absorción.
- El quelato permite un aprovechamiento del nutriente con una eficiencia de hasta 10 veces superior en comparación con sales inorgánicas. Esto resulta que

formulaciones con bajas concentraciones sean eficientes cuando se encuentran adecuadamente quelatizadas.

- La modificación del pH de la solución es una característica diferencial de los quelatos.
- Es una característica deseable que un quelato sea también un agente dispersante de la solución.

Aplicación foliar con aminoácidos

Finalizando los años 70 surgió en Europa la alternativa en agricultura de la fertilización directa de las planta con aminoácidos libres. Este método evitaría la transformación química del nitrógeno nítrico y amoniacal dentro de la planta en aminoácidos y por tanto llevaría a esta a un importante ahorro energético para superar condiciones de estrés y fomentar su desarrollo y crecimiento. (INAGROSA, 2001).

Los aminoácidos son los componentes básicos de las proteínas, macromoléculas complejas que en las plantas desarrollan funciones estructurales (como componentes de las paredes celulares), enzimáticos (muchos procesos bioquímicos están catalizados por proteínas) y hormonales.

La síntesis de aminoácidos en épocas críticas no es eficiente para las plantas en relación al requerimiento energético que precisa. Este gasto de energía es especialmente importante en momentos en los cuales la fisiología de la planta no es óptima, como puede ser en el caso de épocas de sequía, heladas, enfermedades.

Además, está demostrado que las plantas sometidas a algún tipo de estrés necesitan incrementar el contenido total de aminoácidos libres para soportar dicha situación. Esto lo hacen a costa de disminuir la formación de proteínas, lo que provoca una reducción en la tasa de crecimiento de estas en dichos casos (Ranjeva y Boudet, 1987).

Factores que inciden en su absorción, movimiento y distribución de aminoácidos.

Las plantas sintetizan los aminoácidos a través de reacciones enzimáticas por medio de procesos de aminación y transaminación. El primero de ellos es producido por sales absorbidas del suelo y ácidos orgánicos, producto de la fotosíntesis. La transaminación

permite producir aminoácidos a partir de otros preexistentes como el ácido glutámico (Salisbury y Cleon, 1992).

La síntesis de proteínas por la planta se realiza a partir de los aminoácidos, siendo imprescindible la presencia de todos y cada uno de los constituyentes de la proteína que se vaya a formar. El disponer de una disolución que contenga un elevado contenido de aminoácidos libres, permite aportar a la planta la fuente directa para que esta sintetice las proteínas (Ross, 1981).

También se sabe que los aminoácidos están íntimamente relacionados con los mecanismos de regulación del crecimiento y desarrollo vegetal. Algunas hormonas vegetales se encuentran unidas a aminoácidos o proceden de la transformación de estos, lo que indica el importante papel que puede tener la aplicación de aminoácidos libres como fertilizantes. (Ross, 1981).

Pruebas realizadas aplicando aminoácidos radioactivos (marcados con ^{14}C) han demostrado que estos entran rápidamente en la planta, y entre un 5 y un 20% se integra en ella antes de un día, dependiendo esto del aminoácido, la planta y factores externos. Estas pruebas han demostrado la efectividad de los L-aminoácidos externos al comprobarse su rápida incorporación al metabolismo de las plantas como si fueran estas las que los han sintetizado, contribuyendo así al proceso de desarrollo y crecimiento (INAGROSA, 2001).

Las plantas pueden absorber los aminoácidos tanto por vía radicular como por vía foliar. Por vía radicular serían absorbidos igual que el nitrógeno nítrico o amónico, y la savia los distribuye por toda la planta. La vía foliar es la más utilizada ya que pueden aplicarse conjuntamente con otros tratamientos como abonos foliares, fitosanitarios, herbicidas, etc., traslocándose los aminoácidos desde las hojas al resto de la planta. La aplicación foliar es más eficiente a corto plazo que la vía radicular, aunque esta última es la aconsejable para favorecer el enraizamiento tras el trasplante, fundamentalmente en hortícolas. (Hanke, 1995).

Se ha comprobado que los aminoácidos, por su bioquímica pueden formar complejos unidos químicamente con metales y iones polivalentes (**quelatos**). Estos quelatos penetran más fácilmente las células de las planta. Con técnicas de Cromatografía

en capa fina de celulosa, disolución de metales e hidrolizados de proteínas, se observa que sin hidrolizados de proteínas los metales no migran a través de la capa de celulosa. Por tanto, los aminoácidos juegan un papel de transportadores de metales en la planta.

De acuerdo a los trabajos hechos hasta la fecha se puede concluir a modo de resumen los siguientes aspectos relacionados con el funcionamiento de los aminoácidos en la planta:

- Rápida absorción y traslocación de los aminoácidos por las partes aéreas de las plantas.
- Fácil metabolización.
- Función alimenticia y poder biocatalizador y regulador del crecimiento actuando en los mecanismos enzimáticos fundamentales.
- Transportadores de los microelementos.

Absorción foliar

Para que exista absorción nutrimental, se necesitan otro tipo de pasos de los que se presentan a nivel radical. En la hoja y otros órganos de la planta, las células se encuentran aisladas del medio ambiente por capas epidermales conocidas como cutícula, la cual es relativamente impermeable (Mengel y Kirkby, 1987).

Absorción estomática

Se ha encontrado en muchos estudios, que existen una mayor absorción de soluciones aplicadas al follaje en el envés que en el haz, aparentemente esto puede deberse a la mayor número de estomas presentes en esta parte inferior (Dybing y Currier, 1961).

Absorción cuticular

Primeramente se creyó que solo los estomas eran la vía de entrada de las soluciones. Sin embargo se demostró que en cutículas libres de estomas, también había flujo de soluciones polares (Boyton, 1954).

Concluyendo que tanto los estomas como la cutícula, son capaces de realizar el fenómeno de absorción, y que el mismo estaba regulado por muchos factores (Dybing y Currier, 1961).

Investigaciones realizadas con fertilizantes foliares

García (1980), menciona que la nutrición vegetal, a través de la técnica de fertilización foliar, actúa de manera espontánea, ya que la absorción comienza a los cuatro segundos de haber aplicado la solución nutritiva en toda el área foliar de las plantas, por lo tanto se comprueba que la fertilización foliar ha superado en mayor proporción a la fertilización vía suelo.

Se menciona que asperjando urea en árboles de mango, a una concentración de 0.25% y 0.4% solo aumenta el número de frutos, acidez, ácido ascórbico y el contenido de sólidos solubles totales (Sing, 1977).

Se menciona que la efectividad de la fertilización foliar depende de la cantidad absorbida de sustancia nutricional a través de la superficie de las hojas y su traslado por el conducto floemático (BASF, 1992).

Debido que los fertilizantes foliares se trasladan a través de los tejidos de las hojas y no penetran al suelo ni en compuestos que diluyen los elementos nutritivos, el aprovechamiento del fertilizante aplicado, es de 80 – 85%. La fertilización foliar ha demostrado ser una técnica adecuada en césped, huertos, frutales, hortalizas. Teniendo un gran potencial en maíz, soya, etc. (Anónimo, 1988).

La fertilización foliar es una segunda guía para la alimentación de las plantas y no significa que las raíces pierdan su papel principal que es la absorción de los nutrientes (García, 1981).

Importancia del cultivo en México

La producción de maíz en México constituye una de las actividades más importantes del sector rural, no sólo en términos de uso del suelo, sino que también en el empleo y el suministro de alimentos a la población rural y urbana del país.

El maíz grano es por tradición base de la alimentación de la sociedad mexicana, realizándose su producción prácticamente en todos los estados de la República, bajo un mosaico de formas y procedimientos productivos con diferentes grados de tecnificación y utilización de una amplia variedad de semillas, que se reflejan en las características del producto.

En México la producción de maíz se destina predominantemente al consumo humano y, en menor medida, pero con volúmenes crecientes a lo largo de esta década para el consumo pecuario e industrial.

En el período 1990-1998, la superficie sembrada de maíz representó en promedio el 52.8 por ciento de la superficie nacional de los cultivos cíclicos en el año agrícola, cubriendo una superficie de 8.5 millones de hectáreas. Siguiendo estrictamente las estadísticas proporcionadas por el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), se puede afirmar que la producción agregada de maíz pasó de 12.4 millones de toneladas en 1980 a 18.5 millones de toneladas en el 2002, mostrando una tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) nada despreciable de 1.85%, por arriba del crecimiento de la población que fue de 1.7.

En estos 23 años, el nivel más bajo de producción de maíz se tuvo en 1982 con 10.1 millones de toneladas y el más alto precisamente en el año 2002 que alcanzó la cifra récord de 18.5 millones de toneladas, la producción fluctuó en un rango de 10 a 20 millones de toneladas en el 2007 y 2008 en México se cosechan 23,2 millones de toneladas obteniendo un crecimiento importante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y Descripción del Área Experimental

Esta investigación se llevo a cabo en la localidad Rancho San Isidro, en el municipio de Villagrán, Guanajuato, México, bajo la supervisión del Departamento de Investigación de la Producción, de la empresa de Pioneer, durante el periodo primavera-verano, del 8 de junio al 10 de octubre de 2010.

Ubicación Geográfica

Rancho San Isidro se encuentra situada a una longitud de 20°33'50.92" Norte, a una longitud de 101°00'32.69" Oeste y a una altitud de 1731 msnm.

Clima

El clima que predomina en el municipio es semicalido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 19.3 °c, siendo la mínima de 1.1 °c y la máxima de 36,2 °c. La precipitación pluvial promedio es de 630mm anuales.

Características físico-químicas del suelo

Suelo de pH 7.67 ligeramente alcalino, tiene 51.70% de arena, 12.00% de limo, 36.30% de arcilla considerándole un suelo "Arcilla arenoso"

Materiales y equipos

Cámara fotográfica

Computadora

Herramientas (azadón, hoz)

Bomba de mochila

Equipo de seguridad (botas, overol, guantes, gafas mascarilla y gorra)

Material Genético

Las semillas de los materiales, fueron facilitados por el Departamento de Investigación de la Producción de la empresa Pioneer.

Fertilizantes Evaluados

Los fertilizantes foliares empleados son:

1.- **KELATEX Fe Forte** es una fuente de hierro para aplicación foliar y al suelo, complementada con L-aminoácidos libres y extractos orgánicos. Permite integrar dos importantes elementos de la activación metabólica de la planta; hierro y L-aminoácidos libres. La planta puede tomar al hierro como Fe^{+2} o como quelato. Normalmente el hierro activo es el que se encuentra presente en los cloroplastos, siendo el restante acumulado en reserva.

Ingredientes activos:	Porcentaje en peso
Hierro (Fe)	18.0%
L-aminoácidos libres	3.0%
Extracto de origen orgánico	2.0%

2.- **KELATEX Zn Forte** es una fuente de zinc para aplicación foliar y al suelo, complementada con L-aminoácidos libres y extractos orgánicos. La formulación permite integrar dos importantes elementos de la activación metabólica de la planta; zinc y L-aminoácidos libres. La planta puede tomar al zinc como Zn^{+2} o como quelato. Su principal función en la planta es la de actuar como cofactor enzimático que participan en proceso como la síntesis de proteínas, auxinas, etc.

Ingredientes activos:	Porcentaje en peso
Zinc (Zn)	25.0%
L-aminoácidos libres	3.0%
Extracto de origen orgánico	2.0%

3.- **SAGAQUEL Fe** Los sagaqueles son fertilizantes foliares y radiculares líquidos multiquelutados de hierro, zinc, magnesio, boro y manganeso de muy alta concentración y pureza que han sido especialmente formulados para prevenir y corregir rápidamente las deficiencias de estos elementos en los cultivos hortícolas, frutales, extensivos ornamentales y forrajeros.

Ingredientes activos:	Porcentaje en peso
Fierro (Fe)	8.0%

4.- **SAGAQUEL COBAL**

Ingredientes activos:	Porcentaje en peso
Sagaquel Fierro (Fe al 8.0%)	30.0%
Sagaquel Zinc (Zn al 8.0%)	25.0%
Sagaquel Magnesio (Mg no menos de 1.0%)	40.0%
Boratos asimilables no menos de	0.50%

5.- **SAGAQUEL 50-50**

Ingredientes activos:	Porcentaje en peso
Sagaquel Fierro (Fe al 8.0%)	50.0%
Sagaquel Zinc (Zn al 8.0%)	50.0%

6.- **NUTRIVAN**

Ingredientes activos:	Porcentaje en peso
Nitrógeno (N)	00.00%
Fósforo (P)	49.00%
Potasio (K)	32.00%

TRATAMIENTOS

FERTILIZANTE FOLIAR

EMPRESA FORMULADORA

Kelatex Fe forte
 Kelatex Zn forte
 Sagaquel Fe
 Testigo (Absoluto)
 Sagaquel Cobal
 Sagaquel 50-50
 Nutrivan

Cosmocel
 Cosmocel
 Química sagal
 Química sagal
 Química sagal
 Ducor

		TRATAMIENTOS																					
LÍNEA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		T3	T5	T7	T4	T2	T1	T6		T3	T2	T1	T4	T7	T6	T5
(A)																							
LÍNEA (B)																							
	REP 1								REP 2								REP 3						
	Humedad Normal								Problema de Humedad Media								Problema de Humedad Alta						

FIGURA 1: Croquis de distribución de las dos líneas en campo

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de parcelas divididas (DPD) bajo una distribución de bloques completos al azar (DBCA) con 7 tratamientos y 3 repeticiones cada uno.

Características del experimento

Características de la unidad experimental: 8m de ancho por 8m de largo, 64m², área neta de 1,344m² y un área total de 1,512m², se formaron 8 surcos a doble hilera 4 surcos fueron para la línea A y cuatro para la línea B se usó como parcela útil a los dos surcos centrales.

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza para tratamientos, repeticiones y genotipos, la comparación de medias se realizó por medio de la prueba de Tukey. Se evaluó el efecto de los diferentes fertilizantes foliares en los dos genotipos sometidos a diversos niveles de humedad.

Variables evaluadas

Altura de planta

El dato de altura total de la planta fue tomado en centímetros desde el cuello del maíz hasta el ápice de la flor masculina.

Altura de inserción de mazorca

La altura de inserción de la mazorca fue considerada desde el cuello de la planta hasta el lugar de inserción de la mazorca y el dato se midió en cm.

Diámetro de planta

Esta lectura se tomó aproximadamente a una altura de 20 a 30 cm de la base del suelo, con ayuda de un vernier de precisión.

Diámetro de mazorca

Se tomó una muestra representativa de cada tratamiento para poder medir el diámetro de mazorca, para esto se utilizó un vernier de precisión.

Longitud de mazorca

Se tomó una muestra representativa de cada tratamiento para medir el tamaño de mazorca, realizándose con una regla graduada y expresándose en cm.

Numero de granos

El número de granos se tomó de la muestra representativa de cada tratamiento, se marcaron solo los granos con buena calidad física.

Cuantificación de polen

Se tomó una muestra representativa de espigas de cada tratamiento para calcular la cantidad de polen, se midió longitud de raquis, número de raquídeas y número de espiquillas.

Desarrollo del experimento

Preparación del terreno y siembra

Actividades agronómicas

Labor pre cultural: Se tomaron muestras de suelo para el análisis de las condiciones físicas y químicas y establecer los niveles de fertilización química.

La preparación del suelo (arado, rastrado y surcado) se llevó de manera acostumbrada por el agricultor.

Se parceló el sitio de acuerdo con el diseño experimental planteado.

Siembra: la siembra de los dos materiales se realizó el 31 de marzo del 2010 de acuerdo a la recomendación del Departamento de Investigación de la Producción de la Empresa Pioneer. La siembra se realizó con una sembradora Monosem de doble hilera, ajustándola para la distancia entre planta.

Fertilización: se llevó a cabo con tres bombas de mochila de 15 L de capacidad y éstas se lavaban después de cada aplicación de acuerdo a las especificaciones del experimento con fertilizantes de tipo comercial como se describen a continuación : Kelatex Fe forte (T1), 2 a 4 L/ha⁻¹, Kelatex Zn forte (T2), 2 a 4 L/ha⁻¹, Sagaquel Fe (T3), 1 a 3 L/ha⁻¹, Testigo (T4), Sagaquel Cobal (T5), 2 a 4 L/ha⁻¹, Sagaquel 50-50 (T6), 2 a 4 L/ha⁻¹, Nutrivan (T7), 2Kg/ha⁻¹. La 1^a aplicación se realizó el 8 de junio del 2010, etapa V5 inicio de síntomas de amarillamiento, utilizando la dosis baja recomendada en los productos. La 2^a aplicación se realizó el 24 de junio del 2010, etapa V9, hojas jóvenes con deficiencias, utilizando la misma dosis que en la primera aplicación. La 3^a aplicación se realizó 10 de julio del 2010, etapa V14, hojas jóvenes con deficiencias, se incrementó la dosis de Sagaquel Fe a 3 L/ha⁻¹, Sagaquel Cobal y Sagaquel. 50-50 3.3 L/ha⁻¹, mientras que el Kelatex Fe forte, Zn y Nutrivan se aplicaron con la misma dosis de las aplicaciones anteriores. LA 4^a aplicación se realizó el 16 de julio 2010, etapa embuche, con las mismas dosis que en la tercera aplicación.

Se efectuaron labores de deshierbe en forma manual entre los pasillos de los surcos y calles para controlar la diseminación de plagas y/o enfermedades.

Cosecha: se efectuó tomando los dos surcos centrales, cosechando una muestra representativa para cada material.

Toma de datos: se tomaron todos los datos de acuerdo a las especificaciones que se encuentran en las variables a evaluarse.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se plantean y discuten en el siguiente orden; primero se muestran los análisis de varianza (ANVA) de cada variable evaluada en los dos genotipos, incluyendo su coeficiente de variación (CV) y su respectiva prueba Tukey, con la finalidad de detectar las respuestas a los tratamientos probados.

(ANVAS)

Altura de planta (APL)

En el cuadro 1 se presentan los resultados de los análisis de varianza de las variables evaluadas. En relación a altura de planta (APL) se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, repeticiones, genotipos, y también en la interacción entre (tratamientos x repeticiones), (repeticiones x genotipos), no significativo para la interacción entre (tratamientos x genotipos), esto quiere decir que los dos genotipos presentaron la misma respuesta a los tratamientos de fertilización. En dicho análisis se obtuvo un C V de 9.5 % lo que muestra que el trabajo se realizó adecuadamente.

Cuadro 1. Cuadrados medios, significancia y coeficiente de variación de las variables evaluadas para los genotipos de maíz.

FV	GL	APL	AMZ	DPL	DMZ	LONMZ	GRAN	POLEN
T	6	525,603 **	148,968 **	2,571 **	14,502 **	2,568 **	2368,635 **	1,564E13 Ns
R	2	5287,786 **	1228,738 **	6,077 **	180,604 **	27,175 **	37642,167 **	1,611E13 Ns
G	1	696,214 **	1152,381 **	34,926 **	18,653 **	36,344 **	165064,024 **	1,365E15 **
T *R	12	220,258 **	62,849 **	1,226 **	5,250 **	,954 Ns	1273,028 Ns	1,081E13 Ns
R *G	2	220,071 **	83,738 **	4,536 Ns	2,999 Ns	,898 Ns	651,452 Ns	1,292E13 Ns
T *G	6	17,048 Ns	9,825 Ns	1,231 Ns	1,675 Ns	,401 Ns	585,302 Ns	8,087E12 Ns
EE	12	36,655	15,849	,448	1,152	,355	558,480	7,176E12
CV		9.5%	13.44 %	8.5%	8.9%	19.2%	44..2%	19.10%

Ns= No significativo

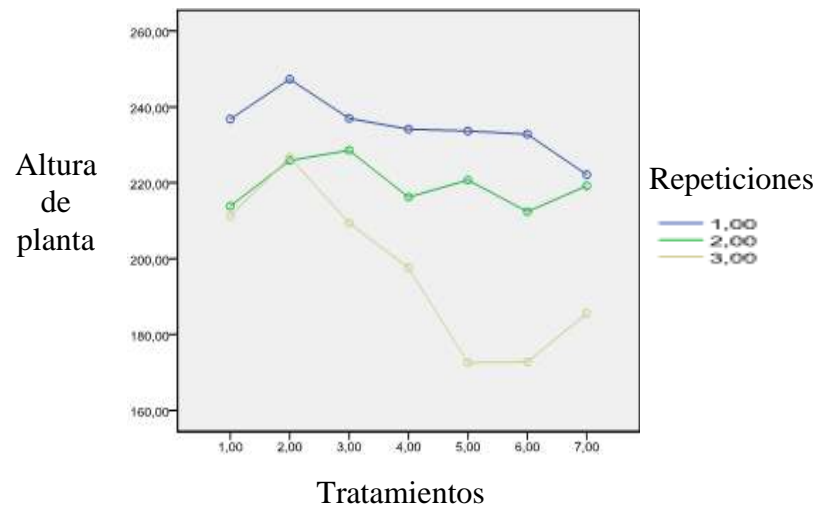
**= Altamente significativo al 5%

La prueba Tukey al 5% cuadro 2 muestra la presencia de 6 rangos siendo el tratamiento 2 el que ocupa la primera categoría y por lo tanto el que presentó un mayor efecto en APL (2,35 mts.) y el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento 6 (2.09 mts.) Los valores medios detectan una diferencia significativa entre los tratamientos 2 y 6. A un y cuando a los tratamientos 3, 5 y 6 se les incrementó la dosis el efecto en la altura de planta no se manifestó. Las condiciones alcalinas del suelo causan varios problemas nutricionales a las plantas como la clorosis, debido a la incapacidad de las plantas de absorber suficiente hierro o manganeso. También pueden ocurrir deficiencias de cobre, zinc y de fósforo a causa de su baja solubilidad. Si el suelo tiene un alto contenido de CaCO_3 puede ocurrir una deficiencia de potasio porque este puede ser precipitado químicamente, son comunes las deficiencias de nitrógeno debido al bajo contenido de materia orgánica (Rowell, 1994). Uno de los elementos cuyo efecto favorable en maíz ha sido mencionado reiteradamente es el Zinc (Zn). En un ensayo realizado en la campaña 2004/05 por Ferraris (2005) se determinaron incrementos significativos del rendimiento por agregado vía foliar. A pesar de los resultados mencionados, la fertilización con estos y otros nutrientes no tradicionales no se ha extendido de manera generalizada, y es importante continuar generando información que permita sostener o revisar las tendencias observadas. INPOFOS (1997), manifiesta “uno de los síntomas de deficiencia de nitrógeno es plantas pequeñas y crecimiento lento en el caso del fosforo. La primera señal de falta de P es una planta pequeña y las plantas con deficiencia de K crecen lentamente, tienen un sistema radical mal desarrollado, los tallos son muy débiles y el acame es muy común.” Razón por la cual se observa que las plantas con fertilización del tratamiento 2 tienen un mayor crecimiento y las plantas tratadas con fertilización del tratamiento 7 poseen menor tamaño.

Cuadro 2. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta.

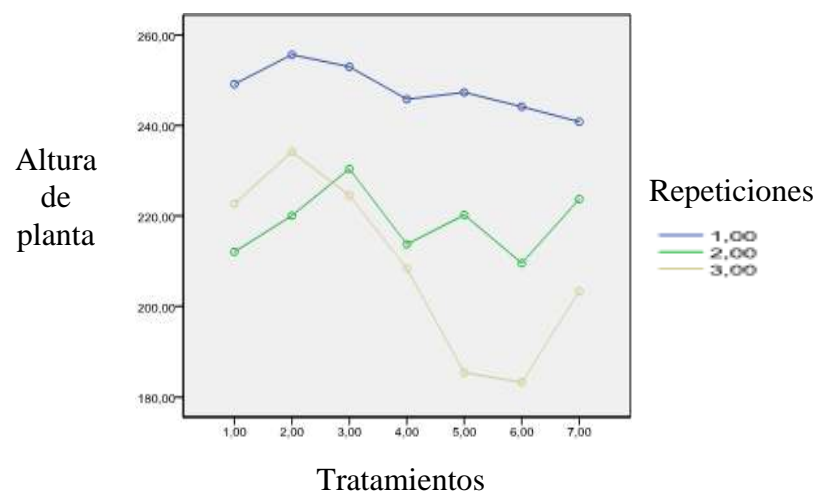
Tratamientos	Media	Tukey al 5%
2 K Zn	235,0000	A
3 S Fe	230,50000	AB
1 K Fe	224,3333	ABC
4 Tg	219,3333	BCD
7 N	215,8333	CD
5 S c	213,3333	CD
6 S50-50	209,1667	D

GRAFICA 4.1: Efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre la altura de planta (Genotipo I).



En el gráfico 1 se presenta la respuesta del genotipo 1 a los diferentes tratamientos de fertilización, en el que se observa que en la repetición 1 donde se observó de manera visual una humedad normal el cuál los tratamientos tienen un efecto mayor en la altura de la planta, en comparación a la repetición 3 en el que se observa el efecto más bajo, también se puede observar que el tratamiento 2 genera las mejor altura de planta.

GRAFICA 4.2: Efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre la altura de planta (Genotipo II).



En el gráfico 4.2 se presenta la misma respuesta que en el gráfico 4.1 a excepción del tratamiento 1 y 2 tienen un efecto contrario en los dos diferentes niveles de humedad donde se observaron por mayor tiempo encharcamientos (Repetición 2 y 3) en comparación al genotipo 1.

Altura de inserción de la mazorca (AMZ)

En el análisis de varianza del Cuadro 1, se observa que existen diferencias altamente significativas para tratamientos, repeticiones, genotipos, y para las interacciones tratamientos x repeticiones, repeticiones x genotipo no significativo para tratamiento x genotipo. En dicho análisis se obtuvo un C V de 13.44 % lo que muestra que el trabajo se realizó adecuadamente.

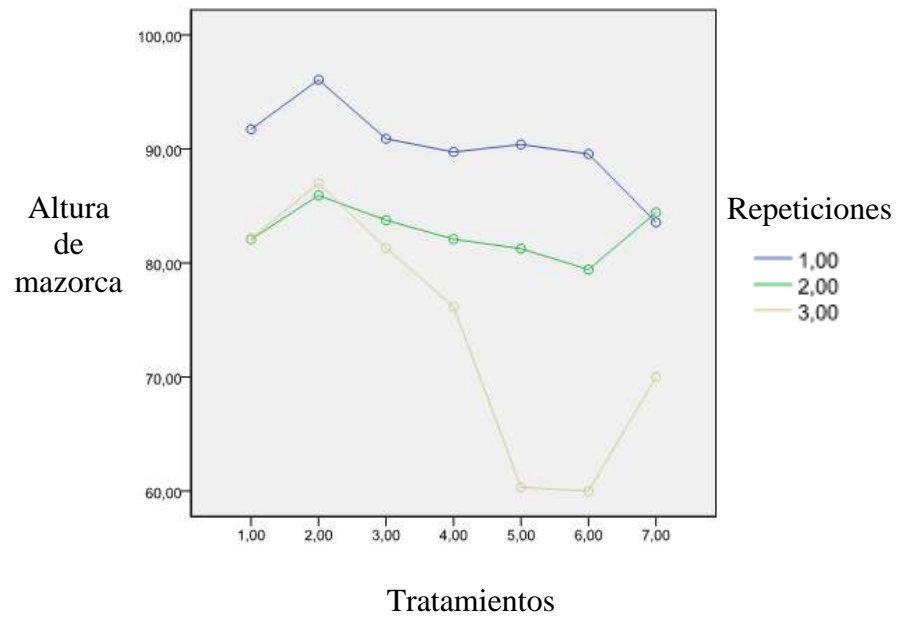
En la prueba Tukey al 5% se observa que el tratamiento 2 obtuvo la primera posición de la tabla, esto indica que es el que mayor efecto presentó en cuanto a la altura de inserción de mazorca (95,33 cm) y el que obtuvo el promedio mas bajo fue el tratamiento 6 con un valor medio de 81 cm.

Al respecto, en los reportes de la productora de semillas Pioneer (2008), el promedio de los híbridos es 1,3m, en cambio en las condiciones donde se realizó la investigación este valor es muy inferior lo que significa una ventaja para reducir problemas de acame.

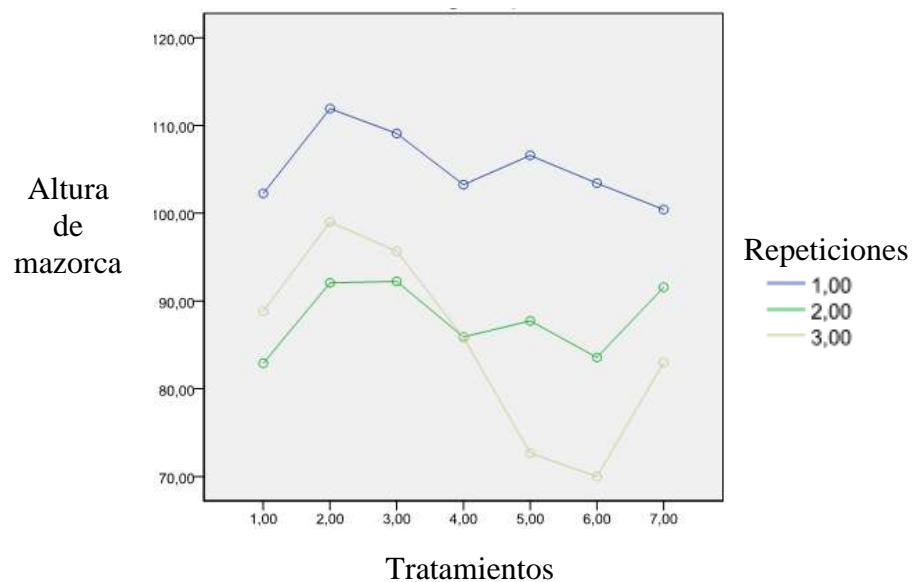
Cuadro 3. Prueba de Tukey al 5% para altura de mazorca.

Tratamientos	Media	Tukey al 5%
2 K Zn	95,3333	A
3 S Fe	92,1667	AB
1 K Fe	88,3333	ABC
4 Tg	87,1667	BC
7 N	85,5000	BC
5 S C	83,1667	C
6 S 50-50	81,0000	C

Grafica 4.3: Efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre la altura de inserción de la mazorca (Genotipo I).



Grafica 4.4: Efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre la altura de inserción de la mazorca (Genotipo II).



En el gráfico 4.3 y 4.4 se presenta el efecto de los fertilizantes foliares en los genotipos, en el que se observa un comportamiento similar es decir la repetición número uno es la que favoreció el mejor comportamiento de ambos genotipos ya que la humedad en esta parte del terreno fue mejor que en donde se ubicaron las repeticiones dos y tres. También se puede ver que el tratamiento 2 es el que tiene el mejor comportamiento.

Diámetro de planta (DPL)

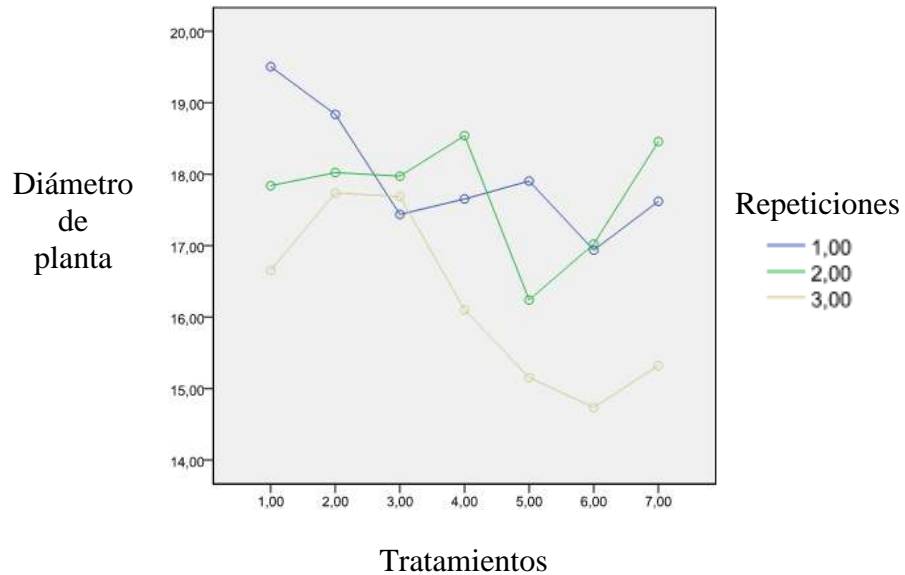
En el análisis de varianza del Cuadro 1, se observa que existen diferencias altamente significativas para tratamientos, repeticiones, genotipos, y la interacción tratamiento x repetición. Sin embargo no es significativo para repetición x genotipo y tratamiento x genotipo. En dicho análisis se obtuvo un C V de 8.5 %.

En la prueba Tukey al 5% para diámetro de planta se presenta que el tratamiento 1 es el que genero mayor efecto en el diámetro y el que provoco el menor efecto fue el tratamiento 6. Se puede observar que el tratamiento 1 no obtuvo el mejor efecto en la variable altura de planta ni en la inserción de mazorca, sin embargo se puede señalar que para diámetro de planta fue el que presentó el mayor efecto. El Departamento Agronómico para el Extranjero de la Verkaufsgemeinschaft Deutscher Kaliwerke GmbH (1994), indica que “El desarrollo completo solo será posible después de que la cantidad de cada nutriente este ajustada a los requerimientos específicos de cada planta. Razón por la cual se observa que el tratamiento 1 presentó el mejor efecto debido a las condiciones del suelo con un pH de 7.67 ligeramente alcalino, ya que hay diferentes exigencias de nutrientes para cada variable evaluada.

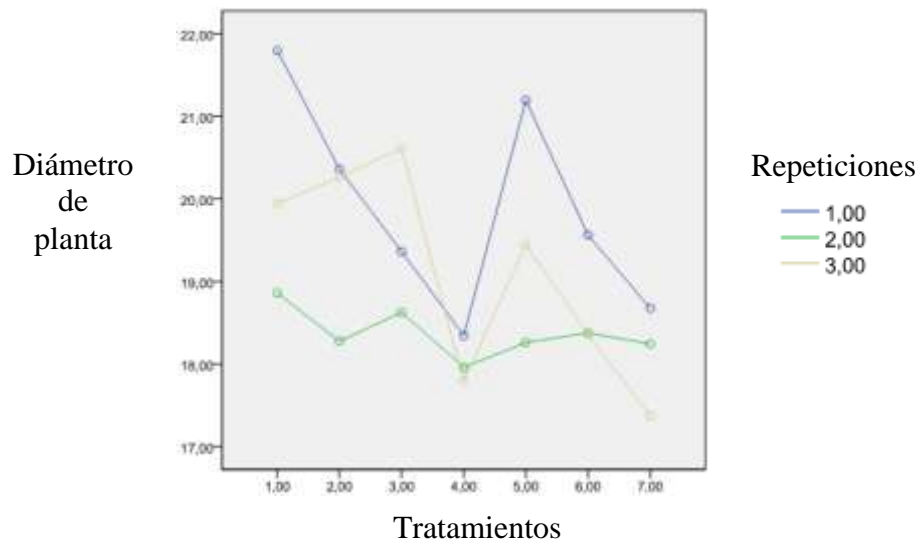
Cuadro 4. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de planta.

Tratamientos	Media	Tukey al 5%
1 K Fe	19, 1000	A
2 K Zn	18, 9167	AB
3 S Fe	18, 6167	ABC
5 S C	18, 0333	ABC
4 Tg	17, 7333	BC
7 N	17, 6167	BC
6 S 50-50	17, 5000	C

Grafica 4.5: Efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre el diámetro de planta (Genotipo I).



Grafica 4.6: Efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre el diámetro el planta (Genotipo II).



En los gráficos 4.5 y 4.6 se puede observar la interacción entre repeticiones y el efecto de los fertilizantes, se detectan las tendencias claras entre el tratamiento a base de k-Fe que brinda el mejor diámetro en la repetición uno. Se aprecia que los genotipos se comportan iguales en las tres repeticiones es decir no existe interacción, lo mismo ocurrió entre genotipos y el efecto de los tratamientos de fertilización.

Diámetro de mazorca (DMZ)

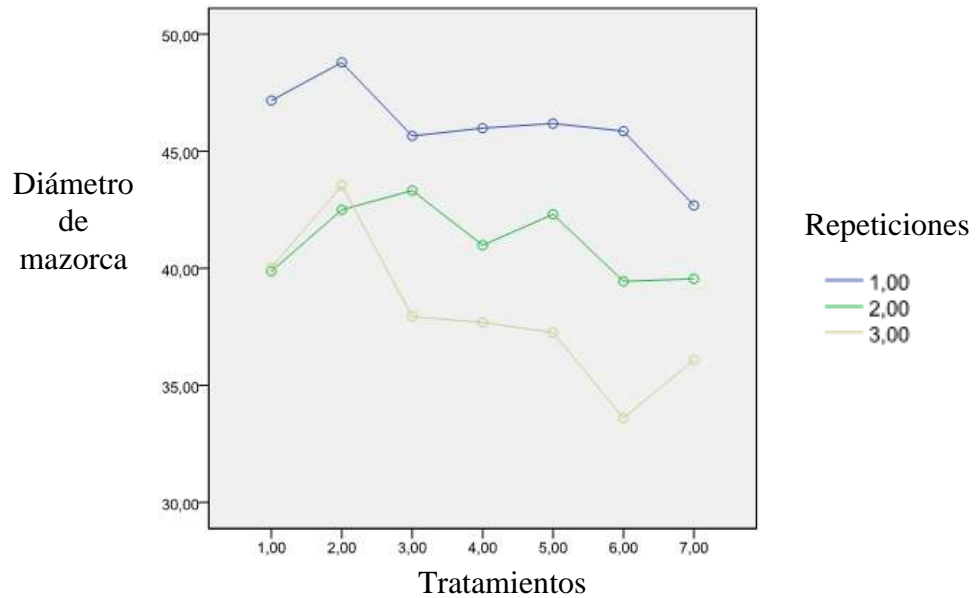
En el análisis de varianza del Cuadro 1, se observa que existen diferencias altamente significativas para tratamientos, repeticiones, genotipos, y en la interacción tratamiento vs repetición, no significativo para las demás interacciones. En dicho análisis se obtuvo un C V de 8.9 %.

En la prueba Tukey al 5% se puede observar que el tratamiento 2 es el que presentó el mejor efecto en el diámetro de mazorca (43,7 mm). El que provocó el menor valor fue el tratamiento 6 con 38,9 mm. También se señala que el tratamiento 2 en la variable altura de planta y altura de inserción de mazorca fue el que presentó el mejor efecto. En el caso del potasio, la mayor demanda corresponde a los estados fisiológicos de producción, tuberización, llenado de granos, cuajado, llenado de frutos, translocación, acumulación de azúcares y almidones. Los micronutrientes como el hierro, zinc, cobre y manganeso no son disponibles en muchas soluciones de suelo cuando el pH es elevado y la determinación de la eficiencia de la fertilización foliar están relacionados con la planta (genética), el ambiente y la tecnología de aplicación de la solución nutritiva o formulación foliar (Malavolta, 1998)

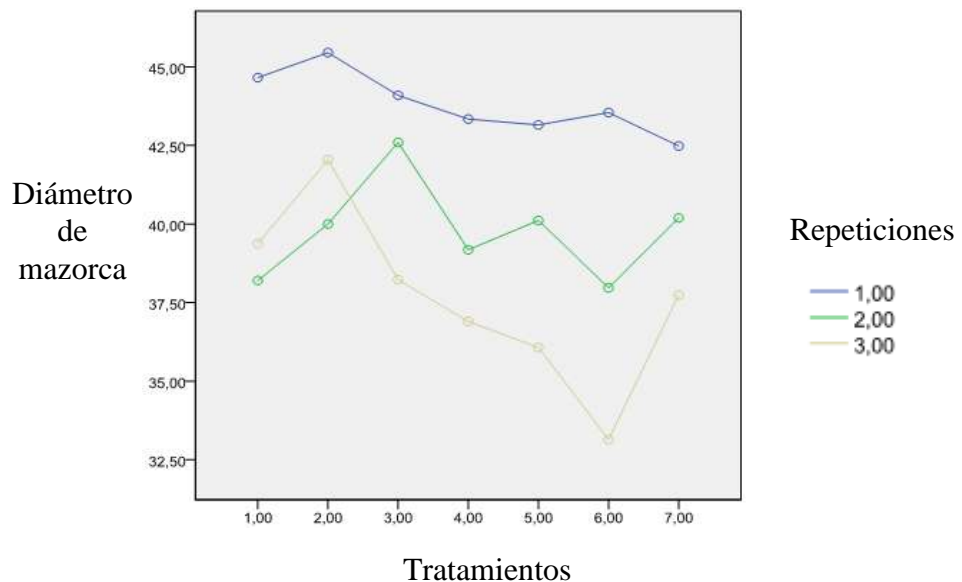
Cuadro 5. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de mazorca.

Tratamientos	Media	Tukey al 5%
2 K Zn	43,7217	A
3 S Fe	41,9733	AB
1 K Fe	41,5533	ABC
5 S C	40,8483	BCD
4 Tg	40,6817	BCD
7 N	39,7917	CD
6 S 50-50	38,9283	D

Grafica 4.7: Efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre el diámetro de mazorca (Genotipo I).



Grafica 4.8: Efecto de la fertilización foliar en la interacción repetición por genotipo sobre el diámetro de mazorca (Genotipo II).



En los gráficos 4.7 y 4.8 se puede notar el mismo efecto de los fertilizantes en las repeticiones (diferentes grados de humedad) donde ambos genotipos presentan la misma respuesta a cada tratamiento. También se puede señalar que hay interacción en el nivel 2 y 3 en cuanto al efecto de la fertilización (Tratamiento 2).

Longitud de mazorca (LONMZ)

En el análisis de varianza del cuadro 1 se observa que no hay diferencia significativa para las interacciones, siendo altamente significativo para tratamientos, repeticiones y genotipos al 5% con un CV de 19.2%.

En la prueba Tukey al 5% se observa que el tratamiento 2 al igual que en las demás variables evaluadas presenta el mejor efecto. La incorporación de Zinc vía foliar, con utilización del nutriente quelatado, ha sido la alternativa mas eficiente porque prácticamente la totalidad del zinc aplicado es aprovechado por las plantas, incluso en pequeñas dosis. La fertilización con Zinc es fundamental para el normal crecimiento y desarrollo de la planta y así poder obtener altos rendimientos (Alloway, 2004).

Cuadro 6. Prueba de Tukey al 5% para longitud de mazorca

Tratamientos	Media	Tukey al 5%
2 K Zn	10, 2517	A
3 S Fe	9, 6250	AB
1 K Fe	9, 0833	ABC
5 S C	9, 0000	BC
4 T g	8, 8200	BC
7 N	8, 4867	BC
6 S 50-50	8, 3917	C

Numero de granos (GRAN)

En el análisis de varianza del cuadro 1 se observa que no hay diferencia significativa en las interacciones, siendo altamente significativo para tratamientos, repeticiones y genotipos con un CV de 44.2%.

En la prueba Tukey al 5% se observa que el tratamiento 2 presenta el mayor número de granos por mazorca en comparación al tratamiento 4 (Testigo) que tiene el valor mas bajo. Es importante señalar que la respuesta a la fertilización foliar puede depender también de la fertilidad natural del suelo; así, por ejemplo, en un suelo Andosol de la Sierra Tarasca se encontró un incremento en el rendimiento de maíz de 13 y 22 % al asperjar con NPK y NPK + micronutrientes, al comparar con el testigo (Pérez,1988) y de 18 % al aplicar sulfato de Zinc a 0.2% (Ren *et al.*, 1988).Las aplicaciones de micronutrientes vía foliar según Tanji (1990), son de baja disponibilidad en suelos con pH ligeramente alcalinos (7.6) como el del sitio en que se realizo el presente experimento. Esto indica que si hubo un efecto positivo en los diferentes tratamientos. El tratamiento 2 muestra un incremento de 34% con respecto al testigo.

Cuadro 7. Prueba de Tukey al 5% para número de granos

Tratamientos	Media	Tukey al 5%
2 K Zn	214,5000	A
3 S Fe	203,5000	AB
5 S C	193,1667	AB
1 K Fe	183,8333	AB
7 N	176,8333	AB
6 S 50-50	166,1667	B
4 T g	159,1667	B

Cuantificación de polen (POLEN)

En el análisis de varianza del cuadro 1 se observa que no hay diferencia significativa en las interacciones, tratamientos y repeticiones, siendo altamente significativo para genotipos al 5% con un CV de 19.10 %.

En la prueba de Tukey al 5% se muestra una sola categoría, esto nos indica que no hay diferencia entre tratamientos, también se puede mencionar que numéricamente el tratamiento 3 presenta los mejores resultados seguido por el tratamiento 2 y 1, el que ocupa el ultimo lugar es el tratamiento 6 presentando los resultados mas bajos. El Zn también es requerido para el crecimiento generativo y la viabilidad del polen es altamente dependiente de un adecuado suplemento de este nutriente (Sharma *et al.*, 1990).

Cuadro 8. Prueba de Tukey al 5% para cuantificación de polen.

Tratamientos	Media	Tukey al 5%
3 S Fe	36993997,5617	A
2 K Zn	35814086,7333	A
1 K Fe	34980512,2233	A
4 T g	34691256,3467	A
5 S C	33729732,2617	A
7 N	32753783,9033	A
6 S 50-50	32555006,3433	A

V. Conclusiones

- ✓ La fertilización foliar con macronutrientes y micronutrientes, incrementó significativamente el crecimiento y desarrollo de los dos genotipos de maíz evaluados en esta investigación.
- ✓ La aplicación foliar de los fertilizantes Kelatex Zn (dosis baja), Kelatex Fe (dosis baja) y sagaquel Fe (dosis alta) tuvo efecto significativo sobre altura de planta, altura de inserción de mazorca, diámetro de planta, diámetro de mazorca, longitud de mazorca y número de granos por mazorca aplicados en un suelo con reacción alcalina donde los nutrientes no se encuentran disponibles debido al pH.
- ✓ Los diferentes fertilizantes foliares comerciales aplicados en diversas etapas fenológicas de las dos líneas de maíz, tuvieron efecto significativo en el rendimiento al incrementar el número de granos por mazorca en comparación al testigo.
- ✓ Los genotipos empleados en este trabajo mostraron diferencias en comportamiento inherente a su constitución genética.

VI. Recomendaciones

En zonas con características similares en suelo, clima y altitud al lugar donde se realizó la presente investigación se recomienda lo siguiente:

- ✓ Aplicar fertilizantes foliares que en su formulación química estén compuestos no solo por el elemento nutritivo esencial, sino que contengan otros activadores como lo son los L- aminoácidos libres y extractos de origen orgánico ya que estos mejoran la asimilación de dicho elemento en la planta.

- ✓ Incrementar la experimentación sobre el efecto de los fertilizantes foliares ya que es una alternativa para la corrección inmediata de cualquier elemento faltante en el suelo.

V11. Bibliografía

- Alloway, J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Importancia del zinc en el cultivo de maíz. www.stoller.com.ar.
- Anónimo, 1975. Fertilización Química Foliar. Folleto Informativo.
- Anónimo, 1987. Curso de Producción de hortalizas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Nuevo León, México.
- Anónimo, 1988. Apuntes sobre fertilizantes fluidos. Producción, uso racional y comercialización. Fertimex. México, D.F.
- Anónimo, 1988. Apuntes sobre fertilizantes fluidos. Producción, uso racional y comercialización. Fertimex. México, D.F.
- Ashoub, M. A., Hassanein, M. S., Abdel, A. I., Shahin, M. M., Gohar, M. N. 1996. Influence of irrigation, nitrogen, zinc and manganese fertilization on yield and yield components of maize. *Ann. Agric. Sci. Cairo* 41(2):697-711.
- Basra, A. S. 1995. Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications. Food Products Press. New York, U.S.A. pág. 389.
- Basf, E. T. 1992. Folleto técnico de productos químicos para la agricultura, Nitrofoska foliar. México, D.F. 19 pp.
- Boyton, D. 1954. Nutrition by foliar applications. *A.N.N. Rev. Plant Physiology*. U.S.A. 78 pp.
- Cazco, C. 2006. Maíz *Cultivos andinos*. Clase tercer año de ingeniería agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Ibarra – Ecuador
- Davis, J.F. 1974. Is Leaf Feeding Practical. *Crops and Soils* 6 (5): 16-18.
- Departamento Agronómico para el Extranjero de la Verkaufsgemeinschaft Deutscher Kaliwerke GmbH. 1994. Fertilizantes potásicos – su elaboración e importación, Vademécum de la potasa, Post Box 6147 Hannover Alemania. Pág. 5-7.
- Dornbos, L. D. 1995. Seed vigor. *In: Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications*. A S Basra (ed). Food Products Press. New York, U.S. A. pág. 389.
- Dybing, C. D. and H. B. Currier. 1961. Foliar penetration by Chemicals. *Plant Physiology*. U.S.A.
- Estrada, J. I. 1995. El cultivo del Pimiento dulce tipo Bell. Editorial Diana. México D. F. 16 pp.

- Ferraris, G. 2005. Evaluación de la aplicación de fósforo, azufre y micronutrientes. En: Maíz. Resultados de Unidades Demostrativas, año 2004/05. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN: 56-63.
- Ferraris, G., L. Couretot y J.C. Ponsa. 2007. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria por vía foliar. Campaña 2006/07 (d). En: Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas: 126-127.
- Fuster, E. 1974. Botánica. Editorial Kapelusz, Primera edición, Buenos Aires argentina Pág.1-7.
- García, F. J. 1980 a. Fertilización Agrícola. Segunda Edición. Ed. AEDOS. Méx., D.F.
- García, F. J. 1981 b. Fertilización Agrícola. Editorial AEDOS. Barcelona, España.
- García, M.L.F, Rharrabti, Y., Villegas, D., Royo, C. (2003) Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under mediterranean conditions. Anontogenic approach. Agron. J. 95:266-274
- Goldman, V., Echeverria, H.E., Andrade, F., Uhart, S. 2002. Incidencia de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de nutrientes en maíz. Ciencia del suelo 20(1): 27-35.
- Gómez, M. I. 2003. Investigación con Aminoácidos como técnica foliar en diversos cultivos. Departamento Técnico MICROFERTISA WF. Pág.16.
- Guberac, V., Martincic, J., Maric, S., Bede, M., Jurisic, M., Rozman, V. (2000) Grain yield components of winter wheat cultivars in correlation with sowing rate. *Cereal Res. Comm.* 28: 307-314.
- Gostincar, J. 1998. Técnicas Agrícolas En Cultivos Extensivos Biblioteca de la Agricultura, Segunda edición, Editorial Idea Books S.A. España Pág. 383-394.
- Hanke, F. 1995. Fundamentos de la nutrición vegetal. En Fundamentos para la Interpretación de Análisis de Suelos y Agua para riego. Edit. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. P. 285-286.
- Ignatieff, 1969. Uso eficaz de los Fertilizantes. Estudios Agropecuarios No. 43. FAO, Segunda Edición. 6-9 pp.
- INAGROSA, 2001. Manual técnico y fundamentos de Aminoácidos en la Nutrición Vegetal. España. 5 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 1997. Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos. Vol. I. Pág. 500.

- INPOFOS. 1997. *Manual internacional de fertilidad de suelos*. Publicado por potash and phosphate institute. 655 Engineering drive, suite 110, Norcross, GA 30092-2837.
- Jacob, B. 1964. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Ámsterdam Holanda.
- Jugenheimer, W. R. 1981. Maíz: Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Trad. G R Piña. Limusa. México, D. F. pág. 841.
- Klingman, G. C. y F. M. Ashton. 1991. Estudio de las Plantas nocivas: Principios y Prácticas. Limusa. México. 449 pp.
- Malavolta, E. 1998. Aspectos de la aplicación foliar con micronutrientes. En Actualidad y futuro de los micronutrientes en la agricultura. Edit. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. P. 67 - 87.
- Maled, B. G. y Hanchinal, R. R. 1997. Path analysis in barley. *Madras Agric. J.* 84: 293-294.
- Martínez, M. 1995. Agricultura Práctica. Editorial Ramón Sopena, S.A. Barcelona, España. Pág. 276-283.
- Marshner, H. 1998. Mineral Nutrition of Higher plants. 2a Edition Academy Press. New York.
- Mascareño, C. F. 1987. Problemas Nutricionales del Tomate en el Valle de Culiacán. INIFAP, Campo Experimental, Valle de Culiacán, Sinaloa, XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chihuahua, México.
- Mengel, K. Kirkby, E. A. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4a ed. Internatl. Potash Institute, Berna. Pág. 687.
- Miguez, F. H. 2006. Zinc en el cultivo de maíz, deficiencia de oportunidad. INPOFOS no. 31. pág. 11-14.
- Papadakis, C. F. 1974. Producción Moderna del Pepino. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. p. 130-150.
- Pérez, I. O. 1988. Fertilización foliar de macro y micronutrientes en un suelo andosol de la Sierra Tarasca, Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. Pág. 167.
- Pioneer. 2008. Ecuador Maíz Amarillo. Tríptico informativo distribuido por INDIA, Km 4 ½ vía Duran – Tambo, inc. Des Moines, Iowa, E.U.A.
- Ranjeva, A. and A. Boudet. 1987. Phosphorylation of proteins in plants: Regulatory effects and potential involvement in stimulus/response coupling. *Annual Review of plant Physiology* 38: 73-93.

- Ratto, S., Fatta, N., Lamas, M. 1991. Análisis foliar en el cultivo de maíz. II. Microelementos. Rev. Facultad de Agronomía, 12(1): 31-38.
- Raymond, P., y Pradet, A. 1984. Metabolic activity and energy charge of excised maize root tips under anoxia. Plant physiol. 66:1053-1057.
- Ren, Y. Z. A. L. Wang, N. K. Feng. 1988 A study of optimal application of Zinc to maize. Shanxi Agric. Sci. 10: 6-7.
- Rodríguez, D. F. 1982. Fertilización nutricional. Primera edición. AGT. Editor, S.A. México D.F. 38 pp.
- Rodríguez, F. 2001. Fertilización y Nutrición Vegetal. Ed. A.G.T. México D.F, México.
- Ross, C.W. 1981. Biosynthesis of nucleotides. in A. Marcus (ed), The Biochemistry of plants, Vol. 6, Proteins and Nucleic Acids. Academic Press, New York. P. 169-205.
- SAGAR-CEA (Centro de Estadística Agropecuaria) 1997. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Pág-721.
- Salisbury, F. B. And Cleon, W.R. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericano. México. 1992. Pág. 209-250.
- SARH, 1987. Presente y pasado del Chile en México. Folleto Informativo. No 14 Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Chapingo, México 26 pp.
- Sing, R. R. 1977. Effect of foliar sprays of urea and Super phosphate on the physic chemical composition of mango (*Mangifera indica* L.) fruits of cultivar chausa. Hort. Abs. 47 (5): 16-18.
- Sharma, P. N., C. Chatterjee, S. C. Agarwala, and C. P. Sharma. 1990. Zinc deficiency and pollen fertility in maize (*Zea mays*). Plant and Soil. 124: 221-225.
- SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 2011. IBMStatistics. Versión 19. Fourth Edition. Volumen 32. Spss social sciences.
- Tadeo, R. 2000. *Híbridos de maíz*. Periodismo de ciencia y tecnología. Universidad Autónoma de México. Disponible en: www.invdes.com.mx.
- Tanji, k. k. 1990. Agricultural salinity assessment and management. American society of civil engineers. New York, U.S.A. pág. 619.
- Tecnur, 2008. Tema 5: Principales ecosistemas (suelo), Libro Electrónico Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Disponible en: www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/hipertexto/05PrinEcos/110Suelo.htm.
- Terán, G. 2008. Corrección del anteproyecto de tesis “Comportamiento de tres híbridos de maíz duro (*Zea mays* L.) Con cuatro niveles de fertilización en la parroquia La Concepción cantón Mira”

- Vallejo, G. J. 1991. Fertilización Foliar en Fríjol en: Memoria del XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. NOV. 29-DIC. 3 de 1981. San Luís Potosí, S. L. P. México. Tomo II. pp. 791-799.
- Yagodin, S. H. 1982. Penetración of ion Isetated Cuticles Plant. Physiology Abstract, U.S.A. 23 pp.
- Zepeda, B. R., Carballo, C. A., Alcántar, G. G., Hernández, L. A., Hernández, G. A. 2002. Efecto de la fertilización foliar en el rendimiento y calidad de semilla de cruas simples en maíz. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 25 (4): 419 – 426.

V111. Apéndice

En este apartado se integran todos los datos de campo.

Cuadro 9: Datos de campo

Altura de Planta												
T	R.	Gen	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	1	1	233	233	225	241	234	228	224	229	217	228
1	1	2	254	264	261	244	257	241	260	265	260	265
2	1	2	262	250	267	248	260	242	253	250	251	260
2	1	1	246	251	253	252	245	242	255	244	255	251
3	1	1	245	253	256	240	240	253	233	237	230	230
3	1	2	256	250	251	249	252	233	243	250	251	247
4	1	2	250	249	246	245	250	259	250	250	252	245
4	1	1	223	227	230	229	230	231	234	233	232	231
5	1	1	235	238	239	230	239	232	238	238	232	236
5	1	2	252	253	235	241	243	241	250	250	251	234
6	1	2	236	246	243	242	243	253	239	239	247	239
6	1	1	228	229	250	232	232	247	229	232	235	225
7	1	1	220	220	226	227	230	230	232	219	222	215
7	1	2	245	250	240	244	242	226	233	231	233	246
3	2	2	240	230	227	234	231	230	233	238	227	240
3	2	1	226	222	226	217	217	230	231	230	231	231
5	2	1	213	210	222	219	217	233	210	213	224	219
5	2	2	231	231	228	221	231	221	218	210	223	214
7	2	2	232	235	228	229	208	214	225	225	226	233
7	2	1	211	225	216	224	218	227	217	217	206	211
4	2	1	217	222	214	224	217	221	210	220	213	218
4	2	2	228	221	204	216	220	204	200	213	210	205
2	2	2	217	226	220	221	221	215	219	224	223	221
2	2	1	227	231	229	226	226	217	214	229	219	230
1	2	1	216	220	210	230	220	224	225	203	210	210
1	2	2	216	205	221	214	205	209	201	208	205	207
6	2	2	189	203	203	213	223	214	211	204	191	210
6	2	1	208	208	214	211	216	219	216	225	220	218
3	3	1	204	216	207	214	220	210	210	195	195	200
3	3	2	236	230	232	232	222	219	223	226	222	232
2	3	2	232	234	236	230	242	239	232	241	224	235
2	3	1	220	226	231	217	233	226	228	226	222	233
1	3	1	222	230	224	214	215	206	211	206	217	214
1	3	2	212	209	225	232	225	227	216	214	217	207
4	3	2	190	190	208	210	202	214	212	228	200	210
4	3	1	206	193	194	204	201	197	190	194	210	206
7	3	1	198	193	160	176	180	179	201	185	193	192
7	3	2	207	213	197	206	206	206	206	191	195	200
6	3	2	189	175	187	183	183	189	199	192	196	186
6	3	1	176	178	164	161	170	170	171	157	159	177
5	3	1	178	176	165	186	179	166	172	180	165	166
5	3	2	182	192	195	172	182	186	192	191	188	171

Cuadro 10: Datos de campo

Altura Inserción de Mazorca												
T	R	Gen	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	1	1	73	93	92	95	84	84	84	98	90	89
1	1	2	112	92	123	102	108	123	111	106	87	97
2	1	2	124	100	123	113	108	105	112	109	96	106
2	1	1	95	96	104	96	98	105	94	95	96	97
3	1	1	99	96	96	88	96	91	95	91	98	90
3	1	2	114	109	105	101	108	104	109	97	107	104
4	1	2	103	102	103	107	105	107	103	108	103	103
4	1	1	89	90	88	90	89	87	89	89	89	90
5	1	1	93	90	90	79	90	105	101	89	98	87
5	1	2	110	100	103	100	119	92	95	124	104	103
6	1	2	108	103	101	97	107	106	104	106	110	103
6	1	1	85	88	92	89	86	95	80	95	90	79
7	1	1	80	86	89	80	89	83	88	83	75	80
7	1	2	110	106	103	125	96	90	91	87	98	103
3	2	2	95	89	95	92	86	93	88	98	93	95
3	2	1	76	87	90	83	78	92	83	78	82	90
5	2	1	78	66	74	80	85	80	76	70	80	82
5	2	2	102	88	90	104	100	71	87	100	85	90
7	2	2	110	99	90	108	79	101	90	89	84	79
7	2	1	83	77	84	95	82	87	83	79	78	85
4	2	1	77	87	81	97	81	83	85	75	80	80
4	2	2	85	87	85	90	88	78	73	88	73	100
2	2	2	97	89	84	89	100	97	92	95	97	82
2	2	1	85	82	95	84	84	88	83	85	83	95
1	2	1	81	88	80	78	85	95	95	76	83	83
1	2	2	80	84	88	89	73	80	76	82	79	76
6	2	2	68	77	74	80	95	80	84	86	79	89
6	2	1	79	76	87	94	94	75	76	82	84	77
3	3	1	73	84	78	68	81	81	75	83	74	87
3	3	2	101	98	110	103	97	102	88	94	98	96
2	3	2	96	103	103	98	104	106	95	106	93	105
2	3	1	75	86	87	73	82	97	88	81	83	94
1	3	1	89	90	88	78	75	84	80	80	96	80
1	3	2	76	87	86	92	95	97	92	90	80	77
4	3	2	65	73	87	92	85	96	93	97	78	90
4	3	1	73	72	75	76	74	74	82	73	79	80
7	3	1	79	75	60	66	62	69	71	74	84	78
7	3	2	80	89	83	87	81	72	81	81	76	83
6	3	2	75	75	59	67	69	70	70	70	83	74
6	3	1	65	57	56	52	63	56	62	69	53	60
5	3	1	66	62	78	70	58	56	58	66	62	52
5	3	2	65	70	75	64	70	80	67	75	70	60

Cuadro 11: Datos de campo

Diámetro de Planta												
T	R	Gen	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	1	1	20	28	17	19	15	17	15	20	20	18
1	1	2	28	22	22	26	22	17	22	25	21	19
2	1	2	24	21	22	21	19	21	20	18	17	26
2	1	1	21	18	19	19	18	15	16	19	19	19
3	1	1	19	19	15	19	17	19	17	16	19	19
3	1	2	20	18	21	20	21	22	17	14	19	17
4	1	2	18	20	19	18	19	17	18	18	17	18
4	1	1	17	19	18	17	19	17	17	18	19	19
5	1	1	19	17	17	19	18	18	20	18	16	18
5	1	2	18	23	19	20	22	23	21	22	18	25
6	1	2	25	18	20	20	16	15	18	19	15	24
6	1	1	16	18	19	18	14	16	19	19	20	16
7	1	1	17	16	16	16	19	17	17	18	18	19
7	1	2	16	20	17	18	20	20	18	19	20	22
3	2	2	21	20	16	20	18	17	20	18	19	18
3	2	1	18	19	17	17	18	17	17	19	19	18
5	2	1	15	17	16	17	17	14	17	15	17	19
5	2	2	19	21	19	17	18	16	13	18	18	22
7	2	2	15	14	18	22	20	19	23	20	17	16
7	2	1	17	16	15	18	20	21	20	19	19	18
4	2	1	16	20	20	17	20	17	17	16	19	20
4	2	2	20	17	20	18	20	19	15	17	23	14
2	2	2	18	19	19	20	19	16	19	16	18	16
2	2	1	19	17	16	17	20	19	19	17	20	19
1	2	1	16	17	18	18	18	17	18	20	17	21
1	2	2	14	19	23	20	17	21	15	21	18	19
6	2	2	19	17	23	21	16	18	15	18	19	18
6	2	1	18	16	17	17	16	18	15	17	19	17
3	3	1	17	19	15	14	16	20	16	18	19	19
3	3	2	21	22	20	24	17	19	22	18	23	24
2	3	2	23	16	20	21	20	23	19	21	18	19
2	3	1	17	18	20	16	15	18	17	18	21	20
1	3	1	16	18	18	14	19	19	18	16	16	17
1	3	2	25	21	19	20	20	15	21	20	15	19
4	3	2	20	16	15	19	16	21	13	21	18	19
4	3	1	16	18	16	15	14	16	17	16	16	17
7	3	1	17	13	15	18	16	15	16	16	17	15
7	3	2	18	20	16	15	19	17	21	17	12	14
6	3	2	16	18	19	24	18	18	20	21	15	20
6	3	1	15	15	12	14	13	14	15	14	13	17
5	3	1	15	18	15	15	15	14	12	15	15	15
5	3	2	20	19	23	21	21	20	18	17	22	16

Cuadro 12: Datos de campo

		Diámetro de Mazorca												
T	R	Gen	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
1	1	1	51	47	48	45	47	44	46	47	48	47	46	42
1	2	1	46	39	43	40	41	46	39	37	38	38	36	34
1	3	1	43	41	45	41	38	45	35	37	42	36	44	43
2	1	1	50	54	50	46	49	49	53	48	45	46	49	51
2	2	1	46	45	41	41	44	46	44	46	45	40	41	41
2	3	1	45	45	46	41	45	44	49	34	35	42	41	41
3	1	1	47	48	48	48	50	47	47	43	43	48	42	43
3	2	1	44	46	41	44	45	45	42	40	42	42	45	40
3	3	1	38	43	43	37	41	35	32	38	35	36	32	43
4	1	1	46	48	50	49	50	46	45	45	41	48	45	39
4	2	1	48	41	44	41	45	45	48	45	39	34	34	34
4	3	1	41	35	39	42	39	30	35	35	36	36	37	41
5	1	1	50	48	48	47	43	46	47	43	46	46	40	41
5	2	1	43	48	42	45	46	43	40	33	43	41	41	42
5	3	1	45	35	42	39	40	41	38	34	34	39	33	37
6	1	1	46	50	49	48	43	51	48	45	44	45	43	44
6	2	1	37	42	40	37	41	42	44	33	33	40	40	43
6	3	1	35	35	37	30	31	35	37	38	34	28	29	30
7	1	1	50	47	44	41	41	44	45	41	40	39	45	36
7	2	1	49	45	42	38	42	39	40	34	33	33	36	35
7	3	1	43	36	39	42	35	34	34	31	37	37	33	40
1	1	2	48	45	47	45	48	44	43	46	48	46	41	43
1	2	2	37	41	40	41	38	37	38	37	35	37	39	40
1	3	2	39	42	38	39	40	43	37	37	36	37	39	36
2	1	2	48	48	48	46	47	47	44	47	43	42	40	41
2	2	2	40	39	40	40	43	36	40	37	37	40	38	40
2	3	2	41	45	37	44	42	44	42	44	46	46	43	45
3	1	2	48	48	42	45	43	43	46	40	43	43	41	41
3	2	2	45	44	45	43	46	41	44	40	43	39	41	44
3	3	2	40	39	40	38	41	39	37	40	37	39	36	35
4	1	2	48	47	49	41	44	44	44	43	41	40	40	39
4	2	2	42	43	41	37	36	44	35	39	38	37	36	36
4	3	2	39	39	40	41	41	34	37	33	37	34	38	36
5	1	2	45	49	47	45	44	42	45	39	45	45	42	39
5	2	2	44	41	45	38	38	38	42	38	38	39	41	40
5	3	2	35	37	35	35	35	35	38	34	34	32	36	37
6	1	2	45	46	48	43	44	41	45	45	44	41	39	36
6	2	2	40	40	39	37	41	38	41	34	34	35	41	37
6	3	2	37	34	35	34	30	35	35	34	30	32	31	35
7	1	2	46	43	43	42	47	42	41	41	42	41	43	38
7	2	2	45	47	41	42	40	40	41	40	41	39	39	36
7	3	2	44	40	38	38	36	36	34	39	33	34	35	38

Cuadro 13: Datos de campo

Longitud de Mazorca														
T	R	Gen	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
1	1	1	12	11	10	10	10	8	10	9	7	7	9	7
1	2	1	10	6	7	8	8	8	7	8	17	6	8	7
1	3	1	7	8	7	6	7	8	6	6	7	5	7	9
2	1	1	11	12	11	11	10	11	11	12	11	10	10	11
2	2	1	9	9	10	10	9	10	9	9	9	8	7	8
2	3	1	10	10	11	8	10	11	9	6	8	9	8	8
3	1	1	10	11	10	11	11	10	10	10	10	11	9	10
3	2	1	10	9	8	8	9	11	7	8	8	8	9	7
3	3	1	8	8	8	7	6	5	5	6	5	7	6	7
4	1	1	11	12	11	11	10	9	10	9	11	10	9	8
4	2	1	9	9	9	9	10	9	10	7	7	6	6	4
4	3	1	7	7	7	6	4	4	7	4	6	7	7	6
5	1	1	10	10	11	10	9	9	10	9	11	10	9	9
5	2	1	8	10	8	8	9	9	9	7	8	7	7	8
5	3	1	8	8	8	6	8	7	6	6	4	5	7	6
6	1	1	12	11	10	9	10	12	10	10	9	9	8	9
6	2	1	11	8	7	7	8	7	9	6	4	8	8	9
6	3	1	6	6	5	5	6	6	6	7	4	4	5	5
7	1	1	9	9	10	8	9	8	8	8	8	7	7	6
7	2	1	10	10	11	8	8	6	8	7	5	5	6	5
7	3	1	7	7	7	6	6	6	6	5	6	4	4	7
1	1	2	13	13	13	13	13	13	12	12	12	11	10	10
1	2	2	10	9	10	9	9	8	10	8	7	6	8	8
1	3	2	10	10	10	11	9	12	8	10	9	8	10	7
2	1	2	13	13	12	13	12	13	12	12	11	10	10	10
2	2	2	10	10	9	10	10	10	9	7	9	8	8	10
2	3	2	13	10	10	11	12	12	12	12	12	12	12	13
3	1	2	15	14	12	12	12	11	12	12	11	11	10	9
3	2	2	13	13	12	11	12	11	12	9	10	10	11	13
3	3	2	11	10	11	9	12	9	9	9	7	9	7	9
4	1	2	14	13	12	12	12	11	11	10	10	9	9	8
4	2	2	12	10	10	9	8	11	10	8	9	7	7	10
4	3	2	10	9	11	10	10	8	5	10	9	7	8	8
5	1	2	12	13	12	13	11	12	11	11	10	10	9	10
5	2	2	12	11	11	9	8	8	9	8	10	9	10	10
5	3	2	9	10	8	9	9	10	9	6	8	8	9	10
6	1	2	14	12	12	12	12	13	11	11	10	9	9	10
6	2	2	9	10	10	9	10	9	11	8	7	8	8	8
6	3	2	9	8	6	9	8	8	7	7	6	6	5	7
7	1	2	13	13	12	13	13	12	10	10	10	9	10	9
7	2	2	13	12	10	10	10	10	10	10	10	9	9	10
7	3	2	12	10	10	9	9	9	7	7	6	7	5	6

Cuadro 14: Datos de campo

Numero de granos por Mazorca														
T	R	Gen	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
1	1	1	291	254	193	98	165	123	187	155	180	174	170	106
1	2	1	194	101	206	102	86	238	41	0	16	10	20	15
1	3	1	56	204	78	56	54	114	35	48	44	78	117	90
2	1	1	225	336	252	225	232	224	264	170	165	152	195	152
2	2	1	268	148	174	50	146	190	107	167	105	68	62	30
2	3	1	190	245	222	40	161	208	32	37	10	118	30	82
3	1	1	211	274	208	152	305	208	205	141	211	186	81	67
3	2	1	213	202	141	102	161	187	92	107	202	107	0	37
3	3	1	95	80	67	83	149	39	8	85	44	73	29	172
4	1	1	210	217	223	205	214	207	203	120	150	176	63	53
4	2	1	224	145	149	194	245	100	104	84	105	12	17	23
4	3	1	76	23	14	89	26	9	39	16	61	38	30	12
5	1	1	225	270	239	213	213	228	297	233	225	252	95	65
5	2	1	100	208	144	174	220	16	98	43	164	73	36	158
5	3	1	224	106	158	65	90	79	86	52	16	56	36	47
6	1	1	224	210	226	166	126	226	201	204	236	266	45	184
6	2	1	249	120	66	32	100	78	42	20	16	92	98	143
6	3	1	103	59	41	59	15	112	93	80	46	18	10	38
7	1	1	232	270	214	164	168	142	175	154	196	91	81	22
7	2	1	221	168	150	82	118	64	32	8	27	24	0	20
7	3	1	73	102	30	104	190	45	83	6	20	11	32	149
1	1	2	395	382	358	416	393	362	325	343	270	290	241	247
1	2	2	224	206	224	164	109	188	222	189	138	142	221	188
1	3	2	248	262	253	302	222	378	214	252	197	162	251	153
2	1	2	350	349	364	354	358	351	306	337	244	242	189	153
2	2	2	245	241	197	258	279	212	229	153	216	190	155	223
2	3	2	300	246	239	311	312	366	320	315	348	340	314	342
3	1	2	355	405	313	322	329	277	298	280	302	290	213	232
3	2	2	344	358	370	278	334	286	312	243	270	253	265	348
3	3	2	274	244	292	219	304	218	228	192	170	178	153	197
4	1	2	370	377	320	295	257	241	248	240	221	212	213	134
4	2	2	350	258	250	196	204	218	220	184	187	155	171	164
4	3	2	196	125	221	175	184	185	50	156	160	126	160	152
5	1	2	372	385	356	343	358	386	262	274	256	266	242	64
5	2	2	298	308	337	262	214	192	183	202	256	205	220	125
5	3	2	57	286	216	266	216	248	271	154	136	148	258	264
6	1	2	412	324	356	336	353	298	333	272	282	240	240	206
6	2	2	224	265	248	204	256	234	273	99	103	152	223	200
6	3	2	223	156	145	224	140	170	188	175	102	52	48	160
7	1	2	397	320	304	357	352	345	259	243	287	216	268	214
7	2	2	394	350	276	277	241	276	269	234	185	223	149	234
7	3	2	378	250	230	229	238	190	176	176	162	138	97	130

Cuadro 15: Datos de campo, polen

Rang	Gen	# De Espigas	Long de raquis	# Raquídeas	# Espiguillas	Longitud de Raquídeas									
						17	16	14	13	13	11				
1	1	1	27	6	63	17	16	14	13	13	11				
1	1	2	26	6	45	16	15	14	13	12	9				
1	1	3	26	9	48	13	13	14	14	14	14	15	16	16	
1	1	4	29	8	42	9	10	10	11	14	15	16	18		
1	1	5	27	8	43	6	14	14	14	14	15	16	16		
2	1	1	29	6	40	14	14	16	17	17	17				
2	1	2	27	6	45	13	16	16	16	16	20				
2	1	3	26	6	46	17	17	15	14	13	13				
2	1	4	27	6	55	20	17	16	16	13	13				
2	1	5	29	6	57	20	19	18	16	16	7				
3	1	1	26	8	55	18	17	16	15	15	13	13	12		
3	1	2	26	7	49	18	18	15	14	14	13	12			
3	1	3	26	8	64	16	20	15	15	15	14	14	12		
3	1	4	28	7	51	19	16	15	15	15	11	8			
3	1	5	27	7	49	16	15	15	15	15	14	14			
4	1	1	28	5	50	19	17	16	16	14					
4	1	2	29	4	53	18	15	15	13						
4	1	3	20	9	47	16	15	15	13	13	13	13	13	12	
4	1	4	27	10	48	17	16	16	15	15	14	14	13	12	7
4	1	5	26	8	49	17	16	14	14	12	12	12	11		
5	1	1	25	6	51	16	14	13	13	11	10				
5	1	2	23	7	54	18	16	16	15	14	14	14			
5	1	3	25	7	56	18	17	15	15	15	13	6			
5	1	4	26	7	53	19	16	16	15	14	13	13			
5	1	5	28	6	49	18	16	15	14	14	11				
6	1	1	26	5	47	16	15	15	13	13					
6	1	2	25	8	45	17	15	15	14	14	13	13	12		
6	1	3	23	5	43	12	13	13	13	16					
6	1	4	25	5	44	18	15	14	14	12					
6	1	5	25	6	46	16	16	15	15	14	12				
7	1	1	26	6	43	17	17	16	15	15	14				
7	1	2	26	7	44	18	16	15	14	14	14	14			
7	1	3	24	6	44	16	16	14	14	14	13				
7	1	4	23	8	47	16	16	15	14	14	13	12	11		
7	1	5	27	7	52	19	16	16	15	14	13	13			
8	1	1	25	7	55	22	16	16	15	15	15	13			
8	1	2	27	6	53	17	15	15	14	13	13				
8	1	3	27	6	58	17	17	15	15	15	14				
8	1	4	26	7	56	11	13	14	15	15	18	21			
8	1	5	27	7	53	6	12	13	17	17	17	19			
9	1	1	25	7	55	17	15	14	14	14	13	11			
9	1	2	26	7	47	16	16	15	15	14	14	10			
9	1	3	27	6	62	16	18	15	15	14	14				
9	1	4	26	6	45	18	16	16	15	15	14				
9	1	5	27	5	60	17	18	15	14	14					
10	1	1	24	8	43	16	14	13	13	13	12	11	11		
10	1	2	24	7	53	19	16	16	16	15	14	13			
10	1	3	27	8	56	17	16	16	15	14	14	13	12		
10	1	4	23	7	49	16	14	14	13	13	12	8			

10	1	5	27	6	54	21	17	16	16	15	13				
11	1	1	22	7	60	18	17	15	15	14	13	13			
11	1	2	27	6	51	16	15	14	14	14	12				
11	1	3	26	7	49	16	15	14	13	13	13	12			
11	1	4	25	4	44	14	14	13	12						
11	1	5	26	9	50	20	18	17	17	16	14	14	13	13	
12	1	1	27	8	55	19	17	17	16	15	15	14	11		
12	1	2	27	7	55	18	17	17	16	16	15	13			
12	1	3	27	7	54	19	17	16	15	14	13	11			
12	1	4	26	7	53	20	17	17	17	16	15	14			
12	1	5	26	5	57	18	17	15	15	14					
13	1	1	27	7	49	6	11	12	15	16	17	20			
13	1	2	28	6	45	13	13	14	15	17	17				
13	1	3	26	7	57	13	13	14	14	15	16	17			
13	1	4	28	7	47	6	11	11	15	15	15	17			
13	1	5	26	7	55	12	12	13	14	15	16	17			
14	1	1	23	7	50	11	11	12	12	13	15	16			
14	1	2	25	8	47	11	13	13	13	14	14	15	15		
14	1	3	24	8	47	12	12	12	13	14	14	14	15		
14	1	4	27	6	52	14	14	15	16	16	17				
14	1	5	28	9	57	6	13	13	14	14	14	14	15	17	
15	1	1	26	8	54	12	12	14	14	15	15	17	20		
15	1	2	25	7	49	6	12	12	13	13	14	15			
15	1	3	26	7	51	19	16	15	15	14	14	13			
15	1	4	25	7	49	13	13	14	15	16	16	16			
15	1	5	26	6	55	12	13	15	15	16	17				
16	1	1	26	7	63	12	15	16	16	16	18	20			
16	1	2	26	7	53	12	12	14	15	16	16	17			
16	1	3	29	7	58	6	7	14	14	15	17	19			
16	1	4	29	6	47	20	17	17	16	15	14				
16	1	5	29	7	52	14	14	14	14	15	17	20			
17	1	1	26	9	47	11	12	14	15	15	16	17	17	17	
17	1	2	27	9	49	12	12	13	14	14	17	16	16	16	
17	1	3	27	6	47	21	12	13	14	16	16				
17	1	4	28	7	48	19	16	16	15	13	13	12			
17	1	5	27	7	57	13	14	15	16	16	17	18			
18	1	1	25	8	40	5	6	12	12	13	13	14	11		
18	1	2	24	7	50	12	12	12	12	14	16	19			
18	1	3	23	7	50	10	11	11	12	12	13	16			
18	1	4	28	7	52	11	13	14	15	16	17	19			
18	1	5	29	8	49	8	10	12	14	15	15	17	18		
19	1	1	26	7	45	8	9	9	9	13	13	17			
19	1	2	26	3	40	8	13	14							
19	1	3	23	7	30	6	6	6	6	11	11	13			
19	1	4	22	6	44	11	12	13	13	14	17				
19	1	5	22	6	60	7	8	9	13	16	18				
20	1	1	27	6	50	11	12	12	12	14	15				
20	1	2	22	5	34	12	11	11	7	9					
20	1	3	23	4	43	12	13	13	14						
20	1	4	24	5	45	11	12	13	14	18					
20	1	5	27	6	48	6	10	14	15	18	18				
21	1	1	22	7	39	9	9	11	11	12	12	15			

21	1	2	22	9	41	11	11	12	12	12	12	13	13	14	
21	1	3	24	8	51	11	11	12	13	13	13	15	16		
21	1	4	26	6	38	8	11	12	13	13	13				
21	1	5	22	7	47	10	11	11	12	12	12	14			

Cuadro 16: Datos de campo, polen

Rango	Gen	# De Espigas	Long de raquis	# Raquídeas	# Espiguillas	Longitud de Raquis									
						18	16	14	13						
1	2	1	26	4	45	18	16	14	13						
1	2	2	27	5	44	20	19	16	16	5					
1	2	3	27	5	49	20	19	18	15	5					
1	2	4	29	5	54	20	17	17	15	13					
1	2	5	24	7	46	17	16	15	15	14	13	12			
2	2	1	26	5	52	18	16	16	12	3					
2	2	2	25	6	56	20	20	18	17	15	7				
2	2	3	26	5	46	18	17	15	15	12					
2	2	4	27	4	56	18	17	17	14						
2	2	5	17	9	36	16	14	14	14	13	11	11	11	11	
3	2	1	24	6	47	5	8	11	17	18	18				
3	2	2	25	4	53	15	17	17	17						
3	2	3	25	3	52	15	18	18							
3	2	4	27	4	46	8	12	17	18						
3	2	5	27	6	46	8	14	14	15	17	18				
4	2	1	28	4	44	13	16	16	17						
4	2	2	23	7	45	11	13	14	14	15	15	18			
4	2	3	24	6	41	14	15	16	17	17	18				
4	2	4	23	6	41	12	13	15	16	16	16				
4	2	5	23	5	36	6	14	14	14	17					
5	2	1	26	7	40	12	12	15	18	18	18	18			
5	2	2	23	5	44	15	15	15	16	17					
5	2	3	26	6	36	11	14	14	16	18	18				
5	2	4	25	6	44	14	15	15	17	18	19				
5	2	5	23	7	45	12	13	14	14	14	17	19			
6	2	1	27	6	43	7	13	15	16	16	19				
6	2	2	24	6	37	11	14	14	16	17	18				
6	2	3	24	6	41	13	15	15	16	16	18				
6	2	4	23	5	52	12	14	14	15	16					
6	2	5	23	6	44	14	15	16	16	17	18				
7	2	1	25	6	42	8	14	15	16	17					
7	2	2	24	5	57	13	17	18	18	18					
7	2	3	25	6	42	15	16	17	17	18	19				
7	2	4	24	5	43	14	14	14	19	20					
7	2	5	24	6	38	11	12	13	13	15	16				
8	2	1	25	4	44	12	15	15	17						
8	2	2	24	7	48	15	16	16	17	17	18	19			
8	2	3	22	8	54	11	12	15	15	16	16	17	19		
8	2	4	24	6	40	14	14	15	15	17	17				
8	2	5	24	6	44	7	13	14	15	17	19				

9	2	1	21	7	37	7	12	12	13	13	14	15		
9	2	2	25	4	39	14	15	15	15					
9	2	3	24	5	46	15	16	16	16	17				
9	2	4	23	4	51	14	16	17	17					
9	2	5	24	4	36	11	14	14	16					
10	2	1	27	4	50	16	17	17	18					
10	2	2	23	5	42	13	14	16	17	18				
10	2	3	26	5	42	16	17	17	17	18				
10	2	4	23	5	45	11	13	14	16	17				
10	2	5	24	5	48	13	15	16	16	18				
11	2	1	23	4	49	13	15	16	18					
11	2	2	23	5	44	14	14	14	16	16				
11	2	3	24	5	52	6	12	15	15	16				
11	2	4	24	4	44	14	14	16	19					
11	2	5	22	4	47	11	12	16	19					
12	2	1	22	6	48	10	14	14	14	15	17			
12	2	2	22	4	46	11	14	15	15					
12	2	3	20	5	47	12	12	15	16	17				
12	2	4	25	6	48	8	13	14	16	16	18			
12	2	5	24	3	52	16	18	19						
13	2	1	20	4	46	7	10	14	16					
13	2	2	21	4	42	11	12	13	15					
13	2	3	19	6	48	12	12	13	14	15	16			
13	2	4	26	5	46	13	13	17	17	18				
13	2	5	24	3	45	15	16	17						
14	2	1	22	7	49	8	12	13	16	17	18	20		
14	2	2	21	5	59	14	15	15	16	16				
14	2	3	21	5	57	13	14	17	17	17				
14	2	4	23	5	42	14	14	15	15	18				
14	2	5	21	5	39	13	14	14	14	15				
15	2	1	24	5	50	13	14	14	15	17				
15	2	2	22	5	48	13	15	15	16	18				
15	2	3	24	5	48	8	15	16	17	18				
15	2	4	24	4	41	12	15	16	17					
15	2	5	25	4	52	16	16	16	18					
16	2	1	26	5	49	13	13	16	17	17				
16	2	2	22	5	49	13	16	16	18	18				
16	2	3	23	5	42	11	12	16	17	18				
16	2	4	25	5	50	15	16	17	17	19				
16	2	5	25	2	53	16	16							
17	2	1	25	5	48	14	15	16	17	19				
17	2	2	25	5	49	5	13	15	17	18				
17	2	3	19	4	39	12	14	16	18					
17	2	4	26	4	46	15	16	16	19					
17	2	5	23	3	48	13	14	16						
18	2	1	25	4	47	12	15	16	17					
18	2	2	25	5	46	6	13	15	16	17				
18	2	3	24	7	49	9	14	14	15	16	17	18		
18	2	4	21	4	41	13	13	13	16					
18	2	5	23	3	53	14	15	16						
19	2	1	19	4	38	11	13	14						
19	2	2	23	5	54	13	14	16	16	17				

19	2	3	25	3	48	16	17	18						
19	2	4	24	5	41	13	14	14	15	16				
19	2	5	22	4	48	12	13	14	18					
20	2	1	25	3	48	7	15	16						
20	2	2	21	3	47	13	13	13						
20	2	3	20	4	43	5	11	12	13					
20	2	4	26	3	61	12	17	18						
20	2	5	24	5	45	10	12	16	16	17				
21	2	1	22	5	46	6	11	16	17	17				
21	2	2	21	2	45	13	16							
21	2	3	20	3	48	11	13	14						
21	2	4	23	5	52	12	14	16	17	19				
21	2	5	20	6	43	12	12	13	14	14	15			