

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS

TEMA:

“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE TRES HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays L.*) CON CINCO DOSIS DE DOBLE SULFATO DE POTASIO Y MAGNESIO, BAJO EL SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA EN LA ZONA DE SAN CARLOS - QUEVEDO”

AUTOR:

JORGE PAÚL SEGOVIA MONGE

INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACION
PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO.

SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS – ECUADOR
2006

TEMA:

“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE TRES HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays*
L.) CON CINCO DOSIS DE DOBLE SULFATO DE POTASIO Y MAGNESIO,
BAJO EL SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA EN LA ZONA DE SAN
CARLOS - QUEVEDO”

AUTOR:

JORGE PAÚL SEGOVIA MONGE

REVISADO Y APROBADO

.....

CRNL. ESP. ING. PATRICIO JARAMILLO
DIRECTOR ADMINISTRATIVO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

.....

Ing. Agr. MSc. F. Mite

DIRECTOR

.....

Ing. Agr. F. Enríquez

CODIRECTOR

.....

Ing. J. Gallardo

BIOMETRISTA

CERTIFICO QUE ESTE TRABAJO FUE PRESENTADO EN ORIGINAL (EN
MEDIO MAGNÉTICO) E IMPRESO EN DOS EJEMPLARES.

.....

SECRETARIA ACADEMICA

TEMA:

“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE TRES HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays L.*) CON CINCO DOSIS DE DOBLE SULFATO DE POTASIO Y MAGNESIO, BAJO EL SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA EN LA ZONA DE SAN CARLOS - QUEVEDO”

ESTUDIANTE:

JORGE PAÚL SEGOVIA MONGE

APROBADO POR LOS SEÑORES MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACION DEL INFORME TECNICO.

	CALIFICACIÓN	FECHA
Ing. Agr. MSc. F. Mite DIRECTOR	<u>20/20 (Veinte sobre veinte)</u>	<u>24-03-2006</u>
Ing. Agr. F. Enríquez CODIRECTOR	<u>20/20 (Veinte sobre veinte)</u>	<u>24-03-2006</u>

CERTIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON PRESENTADAS EN ESTA SECRETARIA.

.....
SECRETARIA ACADEMICA

DEDICATORIA.

DOY GRACIAS AL SER SUPREMO.

DEDICO ESTE TRABAJO A MI PADRE DR. JORGE SEGOVIA J. POR SU EJEMPLO DE HONRADEZ, RECTITUD Y SUPERACION. AL AMOR, COMPRESION Y DEDICACION DE MI MADRE DRA. ROSA MONGE P. AL APOYO INCONDICIONAL DE MI HERMANA NATHALIA. A MIS COMPAÑEROS, PROFESORES Y DEMAS PERSONAS QUE SUPIERON COLABORAR CON MI FORMACION Y DARME LA FUERZA NECESARIA PARA SEGUIR ADELANTE.

AGRADECIMIENTO

Deseo dejar constancia de mi más sincero y profundo agradecimiento a la Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Santo Domingo de los Colorados, su personal docente y administrativo, por su ayuda y valiosos conocimientos impartidos.

Al Ing. Agr. Francisco Mite V. M Sc. Líder del Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas (DNMSA), por su apoyo como director de tesis, técnico y amigo.

Al Ing. Agr. Freddy Enríquez, Docente del IASA II y codirector de Tesis, por su paciencia, amistad y sabios consejos.

Al Ings. Agrónomos. Juan Carlos Gallardo, Braulio Lahuathe, Manuel Carrillo y Carlos Betancourt por su inestimable ayuda y apoyo constante en la realización de este trabajo.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Tropical Pichilingue, y muy en especial al personal técnico y de laboratorio del Departamento de Suelos y Aguas.

A mis compañeros y amigos de estudio por su amistad y cooperación.

Por último, quisiera agradecer a todas las personas que de una forma u otra han estado implicadas en el desarrollo de este trabajo, su paciencia y apoyo.

INDICE

CAPITULO	Pág.
I. INTRODUCCION	1
A. Objetivos	2
1. General	2
2. Específicos	3
II. REVISION DE LITERATURA	4
A. MAIZ (<i>Zea mays L.</i>)	4
B. FERTILIZACION	7
C. LABRANZA CERO O SIEMBRA DIRECTA	12
D. ANÁLISIS ECONOMICO	16
1. Presupuesto parcial	16
2. Análisis de dominancia	17
3. Análisis marginal	17
III. MATERIALES Y METODOS	18
A. UBICACIÓN	18
B. CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y EDAFOLOGICAS	18
C. FACTORES EN ESTUDIO	19
1. Factores	19
2. Interacciones	20
D. DISEÑO EXPERIMENTAL	21
1. Tipo de diseño	21
2. Número de repeticiones	21

E. CARACTERISTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	21
1. Número	21
2. Área total	21
3. Distancia de siembra	21
4. Población	21
5. Numero de hileras por parcela	21
6. Área bruta de parcela	21
7. Área neta de parcela	21
F. ANALISIS ESTADISTICO	22
1. Análisis de varianza	22
2. Regresiones	22
G. ANALISIS ECONOMICO	23
1. Análisis de presupuesto parcial	23
2. Análisis de dominancia	23
3. Análisis marginal	23
H. DATOS REGISTRADOS	24
1. Antes de la cosecha	24
a. Porcentaje de emergencia	24
b. Días a la floración	24
c. Diámetro del tallo	24
d. Altura de inserción de mazorca	25
e. Altura de planta	25
f. Resistencia al acame	25
2. Después de la cosecha	26
a. Porcentaje de mazorcas sanas	26
b. Porcentaje de mazorcas podridas	26
c. Porcentaje de mazorcas mal polinizadas	26
d. Diámetro de mazorca	27

e. Longitud de mazorca	27
f. Peso de mazorcas	27
g. Número de granos por mazorca	28
h. Peso de 100 granos	28
i. Plantas a la cosecha	28
j. Porcentaje de humedad del grano	28
k. Rendimiento del grano	28
l. Variables adicionales	29
1) Porcentaje de Cinta roja	29
3. Manejo Agronómico del cultivo	30
IV. RESULTADOS	32
A. ANTES DE LA COSECHA	32
1. Porcentaje de emergencia	32
2. Días a la floración	32
3. Diámetro del tallo	33
4. Altura a la inserción de la mazorca	35
5. Altura de planta	37
6. Resistencia al acame	39
B. DESPUES DE LA COSECHA	39
1. Porcentaje de mazorcas sanas	39
2. Porcentaje de mazorcas podridas	41
3. Porcentaje de mazorcas mal polinizadas	42
4. Diámetro de mazorca	43
5. Longitud de mazorca	45
6. Peso de mazorcas	46
7. Número de granos por mazorca	48
8. Peso de 100 granos	50
9. Porcentaje de plantas a la cosecha	51
10. Porcentaje de humedad del grano	52
11. Rendimiento (kg ha ⁻¹)	53

C. VARIABLES ADICIONALES	56
1. Porcentaje de cinta roja	56
D. ANALISIS	56
1. Regresiones	56
2. Relación de Cationes	58
E. ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS	63
1. Análisis de suelos	63
2. Análisis foliar	63
3. Calicata	64
F. EVALUACION ECONOMICA	67
V. DISCUSION	70
A. Híbridos	70
B. Dosis	71
C. Interacción (Híbridos x dosis)	73
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
A. Conclusiones	76
B. Recomendaciones	77
VII. RESUMEN	79
VIII. SUMMARY	81
IX. LITERATURA CITADA	83
X. ANEXOS	89

INDICE DE CUADROS

Nº

1. Características Climáticas y Edafológicas de la zona de San Carlos, Quevedo.
2. Detalle de las interacciones resultantes de la combinación de las variables estudiadas en esta investigación.
3. Cantidad de kg ha^{-1} de doble sulfato de potasio y magnesio.
4. Esquema del análisis de varianza.
5. Porcentaje promedio de emergencia de los tres híbridos de maíz analizados con cada una de las dosis empleadas.
6. Altura media de inserción de mazorca en tres híbridos evaluados.
7. Resistencia al acame promedio en los tres híbridos de maíz evaluados con sus respectivas dosis.
8. Porcentaje de mazorcas podridas promedio de los tres híbridos estudiados.
9. Porcentaje de mazorcas mal polinizadas de los tres híbridos estudiados.
10. Longitud de mazorca promedio de los tres híbridos evaluados.
11. Peso promedio de 100 granos de los tres híbridos de maíz (g).
12. Porcentaje de plantas a la cosecha de los tres híbridos evaluados y las dosis utilizadas con cada uno de ellos.
13. Profundidad del suelo de la Hda. Cueva de Lobo- San Carlos.
14. Determinación del color del suelo de la Hda. Cueva de Lobo- San Carlos según el Código de Munsell.
15. Determinación de textura del suelo de la Hda. Cueva de Lobo- San Carlos.
16. Determinación del tipo de consistencia del suelo de la Hda. Cueva de Lobo- San Carlos.

- 17.** Determinación de la Actividad biológica del suelo de la Hda. Cueva de Lobo- San Carlos.
- 18.** Determinación de la Porosidad del suelo de la Hda. Cueva de Lobo- San Carlos.
- 19.** Capacidad de drenaje del suelo de la Hda. Cueva de Lobo- San Carlos.
- 20.** Determinación de la densidad aparente del suelo de la Hda Cueva de Lobo- San Carlos, mediante el método del cilindro.
- 21.** Análisis marginal de los tratamientos no dominados de la evaluación de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) con cinco dosis de doble sulfato de potasio y magnesio, bajo el sistema de siembra directa.

INDICE DE FIGURAS

Nº

1. Efectos de la interacción de la aplicación de dosis de doble sulfato de potasio y magnesio en tres híbridos de maíz sobre los días a la floración.
2. Diámetro del tallo de tres híbridos de maíz evaluados.
3. Diámetro de tallo, afectado por las diferentes dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
4. Promedio de altura de inserción de mazorca, afectada por las diferentes dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
5. Efecto de la interacción Híbridos x dosis de doble sulfato de potasio y magnesio sobre altura de inserción de mazorca.
6. Altura de planta promedio de los tres híbridos de maíz evaluados.
7. Promedio de altura de planta, afectada por las diferentes dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
8. Porcentaje de mazorcas sanas de los tres híbridos de maíz estudiados.
9. Porcentaje de mazorcas sanas promedio, afectado por las diferentes dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
10. Porcentaje de mazorcas podridas, afectado por dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
11. Porcentaje promedio de mazorcas mal polinizadas, afectadas por las diferentes dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
12. Diámetro de mazorcas promedio de los tres híbridos de maíz evaluados.

13. Diámetro de mazorca promedio, afectado por las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
14. Promedio de longitud de mazorcas, afectado por las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
15. Efecto de la interacción Híbrido x Dosis de doble sulfato de potasio y magnesio, sobre la longitud de mazorca
16. Peso de la mazorca promedio de tres híbridos de maíz.
17. Peso promedio de mazorca, afectado por las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
18. Número de granos por mazorca promedio de tres híbridos de maíz.
19. Número de granos promedio por mazorca, afectado por las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
20. Efecto de la interacción Híbridos x Dosis de doble sulfato de potasio y magnesio, sobre el número de granos por mazorca.
21. Peso promedio de 100 granos afectado por las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
22. Efecto de la interacción Híbridos x dosis de doble sulfato de potasio y magnesio, sobre el porcentaje de plantas a la cosecha.
23. Porcentaje de humedad promedio de tres híbridos de maíz.
24. Rendimiento promedio de tres híbridos de maíz (kg ha^{-1}).
25. Rendimiento promedio, afectado por las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.
26. Efecto de la dosis de doble sulfato de potasio y magnesio en el rendimiento de los híbridos H-INIAP 552, H- 8330, H- DK 5005.
27. Porcentaje promedio de cinta roja de tres híbridos de maíz.

28. Relación entre el rendimiento y las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio, aplicadas en el híbrido de maíz H – INIAP 552.
29. Relación entre el rendimiento y las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio aplicadas en el híbrido de maíz H-8330.
30. Relación entre el rendimiento y las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio aplicadas en el híbrido de maíz H-DK 5005.
31. Variación de los contenidos foliares del K en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.
32. Variación de los contenidos foliares del Ca en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.
33. Variación de los contenidos foliares del Mg en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.
34. Variación de la relación Ca/Mg en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.
35. Variación de la relación Mg/K en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.
36. Variación de la relación Ca/K en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.
37. Variación de la relación (Ca+Mg)/K en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.

I. INTRODUCCION

El cultivo de maíz según el III Censo Nacional Agropecuario (2004) constituye uno de los principales rubros económicos en la Zona Central del Litoral ecuatoriano. Se estima que la superficie sembrada en la provincia de Los Ríos fue de 50391 ha durante el año 2004, presentando un rendimiento promedio de 2,65 T ha⁻¹, Además, cabe mencionar que en esta zona la cantidad de maquinaria destinada a labores agrícolas es de 2444 unidades y el número de unidades de producción agrícolas no supera las 1404. (III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 2004)

Las recomendaciones para cultivar maíz se han hecho en base al resultado de ensayos experimentales de materiales genéticos normales, precoces y superprecoces, auspiciados por diferentes empresas e instituciones a nivel mundial. (ARIAS, 2002). Entre los materiales que han incursionado al país o se han producido en él, en los últimos años se encuentran tres híbridos con una serie de ventajas agronómicas pero que no han sido utilizados masivamente por los agricultores debido a la falta de investigaciones en nuestro país que demuestren esas ventajas, estos híbridos son el H- INIAP 552, H-8330 y H- DK 5005.

Las deficiencias de Magnesio y Azufre en los suelos de la parte norte de la Zona Central del Litoral ecuatoriano (Buena Fe, Quevedo, Santo Domingo), son la principal limitante para obtener rendimientos mayores o similares a los de otros cantones de la misma zona central (Mocache, Balzar, Ventanas), y por ende también es la causante de un lento desarrollo agrícola y social de los pequeños y

medianos agricultores de estas zonas. Para enmendar las deficiencias del cultivo los agricultores, utilizan inapropiadamente el doble sulfato de potasio y magnesio, lo cual en lugar de beneficiar al desarrollo de la gramínea, esta interfiriendo negativamente en ella y por tanto en la economía del productor.

La siembra de cultivos de ciclo corto, bajo la modalidad convencional, está reduciendo la productividad de los suelos, debido a que está produciendo costras superficiales, pérdida del suelo por erosión y demás problemas que afectan al crecimiento de los cultivos. Esto sumado a que una considerable extensión de suelo agrícola de la Zona Central del Litoral ecuatoriano se ha desarrollado a partir de cenizas volcánicas de reciente deposición, que han originado que estos suelos, contengan altas cantidades de material amorfo muy poroso, densidad aparente baja, textura gruesa al tacto y baja cohesión entre los agregados. Características que hace que dichos suelos sean frágiles y muy susceptibles a erosionarse. El sistema de siembra directa aparece como una alternativa que permite reducir los problemas antes expuestos. (INIAP, 2000)

Considerando lo anteriormente expuesto, se ejecutó el presente trabajo que tiene los siguientes objetivos:

A. OBJETIVOS

1. GENERAL

Evaluar agronómicamente tres híbridos de maíz INIAP 552, VENCEDOR 8330 y DEKALB 5005 y cinco dosis de doble sulfato de potasio y magnesio, bajo el sistema de Siembra directa.

2. ESPECÍFICOS

- a. Determinar la dosis más adecuada de doble sulfato de potasio y magnesio.
- b. Determinar el o los mejores híbridos de maíz evaluados.
- c. Realizar un análisis económico de los tratamientos estudiados.

II. REVISION DE LITERATURA

A. MAÍZ (*Zea mays L.*)

Paliwal (2001), manifiesta que “la planta de maíz tropical es alta, con abundantes hojas y un sistema radical fibroso, normalmente con un solo tallo que tiene hasta 30 hojas. Algunas veces se desarrollan una o dos yemas laterales en la axila de las hojas en la mitad superior de la planta; estas terminan en una inflorescencia femenina la cual se desarrolla en una mazorca cubierta por hojas que la envuelven; esta es la parte de la planta que almacena reservas. La parte superior de la planta termina en una inflorescencia masculina o panoja; esta tiene una espiga central prominente y varias ramificaciones laterales con flores masculinas, todas las que producen abundantes granos de polen.”

Según el mismo autor la planta de maíz es de hábito anual, una reproducción sexual, semillas sin latencia, sistema radicular estacional y fasciculado, sistema caulinar con un tallo principal y pocos macollos, hojas anchas, lanceoladas, alternas y paralelinervadas, inflorescencia lateral femenina, inflorescencia terminal masculina, grande y dominante, espiguillas femeninas apareadas, espiguillas masculinas apareadas, mazorca con muchas filas y cubierta y un fruto (grano) desnudo y no dehiscente.

El maíz es un cultivo tradicional tanto en la costa como en la sierra ecuatoriana. Se lo cultiva desde el nivel del mar hasta alturas superiores a los 2500 metros, es decir, bajo diferentes condiciones ambientales en cuanto a

temperatura, humedad, régimen de lluvia y luminosidad. De esta manera, el maíz llega a ser el cultivo de mayor importancia económica en varias zonas del Litoral y Sierra ecuatoriana. **PROCESADORA NACIONAL DE AVES (PRONACA) (1988).**

El **INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) (1992)**, sostiene que el desarrollo del maíz es óptimo en clima cálido, soleado y con noches frescas; aunque esta última condición no es propia de ambientes con poca altitud. En general se cultiva a temperaturas que van de 20 – 30 °C, experimentando el mayor crecimiento cerca del límite superior de dicho rango, cuando existe adecuado suministro hídrico. Para completar el ciclo, el maíz requiere 650 mm de agua, aunque en nuestro medio se han encontrado los mejores rendimientos con 800 – 1000 mm de pluviosidad durante la época lluviosa.

Según la **BIBLIOTECA PRACTICA DE AGRICULTURA Y GANADERIA (1984)**, la altura del híbrido de maíz lo hace sensible a los vientos fuertes. Para la madurez del grano se necesita un ciclo prolongado y la recolección debe hacerse cuando éste ha alcanzado la madurez fisiológica, que se logra cuando el 50 – 75% de las espigas se vuelven amarillas. El grano no está seco en estas condiciones, pudiendo contener del 25 – 45 % de humedad, siendo apto para conservarlo a valores menores del 18 % de humedad.

Según **Crespo, Valdivieso y Villavicencio (2003)**, el híbrido triple de maíz H- INIAP 552 es el producto del cruce de tres líneas S4, cada una con el

93,75 % de homocigosis. La planta es resistente al acame de raíz y de tallo y tolerante a las enfermedades: mancha foliar por *Curvularia*, Tizón foliar por *Maydis*, Royas, Mancha de asfalto y otras. Es susceptible al ataque de insectos plagas, tales como: tierreros, perforadores del tallo, gusano cogollero y de la mazorca. El potencial de rendimiento del híbrido triple de maíz H- INIAP 552 a nivel experimental alcanza los 7541 kg ha⁻¹ (166 qq ha⁻¹).

AGRIPAC en el 2003, lanza al mercado un nuevo híbrido de maíz **VENCEDOR 8330**, el cual es el resultado de una investigación de cinco años y fue seleccionado dentro de 41 materiales por sus sobresalientes cualidades agronómicas y de gran rendimiento. Este material presenta tolerancia a Tizón (*Helminthosporium sp*), Mancha curvularia (*Curvularia sp*) y Mancha de asfalto (*Phyllachora monographella*), además es muy resistente al acame de raíz y/o tallo, su tamaño de mazorca es grande, cilíndrica y cónica. Su ciclo de cultivo es de 120 días y su rendimiento potencial es de 7999.2 kg ha⁻¹ (176 qq ha⁻¹).

El híbrido de maíz H - 8330 demostró tener el mejor comportamiento agronómico y rendimiento de grano, en comparación con otros híbridos como: Brasilia 8501, Pacífico 9205, INIAP H-551, Dekalb-888, AG 1051, AG 6016, 8550, Tractor y Master en la época lluviosa, en el cantón Ventanas – Provincia de Los Ríos, razón por la que este material presenta una buena aceptación entre los agricultores. (Arias, 2002)

PRONACA en el 2003, presenta al mercado el híbrido de maíz DEKALB 5005, con características sobresalientes y de gran rendimiento. Este material muestra resistencia al volcamiento, un color anaranjado de su grano y una germinación y vigor sobre el 90%. Su ciclo vegetativo es de 125 días y un rendimiento potencial de 9000 kg ha^{-1} (198 qq ha^{-1}).

B. FERTILIZACION

Gambaudo (1998), manifiesta que la producción moderna de granos y forrajes depende en gran medida del uso de agroquímicos (pesticidas y fertilizantes) para obtener los resultados esperados y que el principal problema es la eficiencia en su uso.

Juanazo (1999), manifiesta que para obtener altos rendimientos en el cultivo de híbridos de maíz es importante la aplicación de fertilizantes, en especial cuando se trabaja con densidades altas de siembra. Esto se ve claramente en las investigaciones hechas por el mismo autor, en las que los testigos absolutos sin ninguna clase de fertilización, obtuvieron rendimientos muy por debajo de los tratamientos con fertilización.

Beaufils citado por **García (2002)**, desarrolló el método denominado Diagnóstico Fisiológico, ahora conocido como Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS). El DRIS se basa en la ley de Liebig o del mínimo, la cual establece que el rendimiento máximo posible es función directa del factor más limitante de acuerdo a las necesidades del cultivo, pero también se basa en la

ley Mitscherlich o de los rendimientos decrecientes, misma que se fundamenta en que el rendimiento puede incrementarse por efecto de cada uno de los factores, siempre y cuando no estén presentes en sus niveles subóptimos o mínimos.

Pearson y Hall (1984), mencionan que la concentración de nitrógeno en las hojas del maíz tropical tiende a ser baja (1-4%;) y que el nitrógeno depositado en el tallo es el que se moviliza primero hacia la mazorca y la cantidad de éste depende del cultivar, de la cantidad y del momento de la aplicación. El fósforo y el potasio tiene una distribución similar al nitrógeno, la diferencia está en que la mayor parte de nitrógeno y potasio, se asimila antes de la floración y el fósforo después a la floración.

Según **Violic (1989)**, el método más económico de aplicar fertilizantes bajo el sistema de labranza cero o siembra directa es la aplicación superficial sin incorporarlos al suelo, pero también manifiestan que es el menos eficiente. Por tanto, llegan a la conclusión de que incorporarlos al suelo sería lo óptimo para ser aprovechados por los cultivos.

Numerosos estudios han indicado que la disponibilidad de macro y micro elementos para asimilar en el período alrededor de la floración es un factor crítico para determinar el rendimiento de grano. Esto puede ser difícil de entender porque la capacidad fotosintética real del maíz está por lo general en su capacidad máxima en el momento cercano a la floración y los carbohidratos a menudo se acumulan en los tejidos en este período (**Goldsworthy, 1984**).

Ventimiglia, Carta y Rillo (2000), manifiestan que cualquier carencia nutricional limita el rendimiento de un cultivo y que las plantas requieren para su crecimiento de 16 elementos, por tal motivo llamados esenciales. El azufre (S) es uno de ellos, conocido también como mesonutriente, por ser necesario en cantidades medias entre un macronutriente y un micronutriente. Además es parte constituyente de tres aminoácidos esenciales (cistina, cisteína y metionina), los cuales intervienen en la formación de varias proteínas. Por otro lado, la formación de clorofila requiere de la presencia de S, participa también en la formación de aceites y síntesis de vitaminas. Esto explica porque este elemento es tan importante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Melgar (1998), manifiesta que en los últimos años en el cultivo de maíz se han presentado numerosas evidencias que demuestran aumentos de rendimiento por agregado de azufre y magnesio como fertilizante. Estas respuestas son más frecuentes en lotes con alto potencial de rendimiento y que presentan respuestas importantes a nitrógeno y fósforo. No se han intentado correlaciones entre estas respuestas y los niveles de azufre de sulfatos ($S-SO_4^-$).

Caamaño y Melgar (1998), señalan que la magnitud de las respuestas en rendimiento dependerá de la fertilidad del lote y dosis utilizada. En términos generales la misma normalmente cubre el costo del fertilizante aplicado. Las respuestas son del orden de los 10-12 kg. de maíz por kg. ha^{-1} de S, y las dosis asociadas a los máximos rendimientos son entre 5 y 15 kg. ha^{-1} de S como Sulfato.

Galantini, Landriscini y Fernández (2001), señalan que la fuente más importante de S para los cultivos es la materia orgánica del suelo (MO). Ésta es una mezcla de compuestos orgánicos de complejidad variable, que de acuerdo con la velocidad de descomposición ya sea por efectos naturales o de manejo, así como su relación con la disponibilidad de S, son de fundamental importancia para entender la dinámica del S en el sistema suelo - planta.

INPOFOS (1997), expresa que el magnesio (Mg) es absorbido como un catión (Mg^{++}). Una vez dentro de la planta, el Mg cumple muchas funciones. Es el átomo central de la molécula de la clorofila, por lo tanto está involucrado activamente en la fotosíntesis. El Mg y el N son los únicos nutrientes provenientes del suelo que son parte de la clorofila, y por esta razón, la mayoría del Mg en las plantas se encuentra en este compuesto. Las semillas también tienen un contenido relativamente alto de Mg, aun cuando los cereales como el maíz tienen bajos niveles en sus semillas. El Mg también interviene en el metabolismo del fósforo, la respiración y la activación de muchos sistemas enzimáticos en las plantas.

El doble sulfato de potasio y magnesio también conocido como sulpomag, langbeinita y sulfato de potasio y magnesio el cual es una combinación especial de tres nutrientes: azufre, potasio y magnesio altamente disponibles para la planta, todos presentes en un solo material. Muestra ventajas muy marcadas sobre los demás fertilizantes, como ser totalmente natural, es una sal neutra que no cambia el pH del suelo, cien por ciento soluble en agua, se combina bien con la mayoría de fertilizantes, es económico cuando se necesita de los tres nutrientes y sobre

todo es aceptado en cualquier tipo de certificación orgánica de cultivos. **(IMC GLOBAL Inc., 2003)**

El magnesio en el doble sulfato de potasio y magnesio, junto con el azufre y potasio, están presentes en forma de sulfatos altamente solubles en agua y rápidamente disponibles. De esta forma los nutrientes puedan moverse fácilmente a través del perfil del suelo para alcanzar las raíces profundas y trabajar inmediatamente. Esto es importante si se considera que la mayoría de fuentes de magnesio no son solubles en agua. **(IMC Global Inc, 2003)**

Ramírez (1981) indica que en el proceso de la toma de decisiones para la recomendación de fertilizantes, se usa como criterio de diagnóstico el análisis de suelo. Este es un medio de estimar el potencial del suelo para suplir los nutrientes a la planta, muy eficiente, cuando está bien calibrado y sobre todo, usado con un amplio sentido común. Sin embargo, el análisis de suelo es un método indirecto de evaluar las necesidades de nutrientes de la planta.

El mismo autor, señala en su informe sobre Nutrición del Maíz en Venezuela, que el Magnesio presenta un efecto lineal sobre el rendimiento, lo que quiere decir que al incrementar más su concentración en el fertilizante, también incrementará el rendimiento.

Además señala en el mismo informe que las interacciones del mismo elemento con K, Ca y P, pueden incidir fuertemente en los rendimientos. Por tanto

concluye que al parecer el magnesio juega un papel muy importante en la nutrición del maíz.

C. LABRANZA CERO O SIEMBRA DIRECTA

Para evitar los problemas que ocasiona la labranza del suelo, se viene planteando el uso de sistemas de labranza de conservación, como la labranza reducida (labranza mínima) y la siembra directa (labranza cero), las cuales pretenden desarrollar prácticas benignas para el ambiente sin sacrificar la rentabilidad de la producción agrícola (**Leiva y Guerrero, 1998**).

La Soil Conservation Society of América citado por Violic (1989) define la labranza cero como cualquier sistema que reduce la pérdida del suelo o agua.

Según **Truco (1999)**, la expansión de la labranza cero a nivel mundial es difícilmente medible, debido a la falta de estadísticas anuales y detalladas sobre este tema por parte de la mayoría de los países. A pesar de esto se cree que la labranza cero esta aumentando cada vez más su territorio a nivel mundial.

Según el mismo autor los países pioneros en este tema son Estados Unidos, donde el área cultivada es de 19'347.000 ha; seguido por Brasil con 11'200.000 ha; Argentina con 7'270.000 ha; Canadá con 4'080.000 ha ; Australia con 1'000.000 ha; Paraguay con 790.000 ha; México con 500.000 ha; Bolivia con 200.000 ha; Chile con 96.000 ha; Uruguay con 50.000 ha y algunos otros países

con 1'000.000 ha, logrando un total de 45'533.000 ha con labranza cero en el mundo

Gabela (1982), manifiesta que en el Ecuador, la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, tuvo las primeras experiencias en la década de los 70', indicándose que la precisión y oportunidad con la que se resuelven los problemas de los cultivos, son la base para tener éxito en los sistemas de labranza reducida.

Landers (1994), señala que la labranza cero contribuye a que los suelos tengan mayor contenido de materia orgánica y ayuda a mantener el equilibrio natural del aire y del agua, manteniéndolos más limpios.

El mismo autor señala que otro factor de ventaja es lo económico, debido a que se puede sembrar antes que el sistema convencional de labranza; la economía que se señala se basa en tiempo, mano de obra, vida mas larga de la maquinaria y menor costo en reparación y combustibles; además, de la reducción de fertilizantes y beneficios tanto ambientales como sociales a largo plazo para productores como sus comunidades.

Jhoson citado por Violic (1989), Melara, Río del (1994), Darwich (1998), Lattanzi (1998) y Derpsch (1999) indican algunos beneficios que se consigue con la siembra directa:

- Reduce la erosión del suelo
- Disminuye el riesgo de contaminación ambiental

- Aminora el tiempo e insumos de laboreo
- Desciende las pérdidas de humedad por laboreo
- Permite usar tierras clasificadas como marginales por susceptibilidad de erosión
- Mantiene la cobertura vegetal
- Conserva las propiedades del suelo
- Requiere poco poder de tracción
- Alcanza un adecuado nivel de desarrollo social de los productores

De igual forma, los autores citados anteriormente, hacen referencia a algunos problemas que ocasiona la labranza conservacionista a través del tiempo:

- Es altamente dependiente del control químico de malezas
- No se adapta a suelos pobremente drenados
- Aumenta la acidez superficial del suelo, necesitando encalado, ya que después de varios años de siembra directa, los primeros centímetros del suelo se acidifican notablemente debido a la acumulación de residuos orgánicos.
- Los residuos de cosecha pueden albergar insectos y enfermedades que ataquen al cultivo siguiente.

Según **Derpsch (1999)**, el éxito de los agricultores no tecnificados o considerados pequeños en los cinco continentes que usan siembra directa, es sumamente grande sobre los agricultores tecnificados que utilizan el sistema

convencional de labranza, esta tendencia a tomado fuerza en los últimos 32 años alrededor del mundo, por tanto el abono verde presente y la labranza cero es aplicable en la mejora de los cultivos y en especial de los de ciclo corto.

Lorenzatti (1999), señala que el cultivo de maíz encuentra en la siembra directa el ambiente apropiado para maximizar su producción y estabilizarla a través de los años. Obviamente, la no remoción del suelo y el hecho de mantener la cobertura en la superficie, deberán ir acompañados de medidas de manejo tendientes a potenciar las cualidades de ese ambiente, como son: asegurar una nutrición balanceada, adecuado arreglo espacial de las plantas por unidad de superficie, período libre de malezas, barbechos limpios, mínimo impacto de plagas y enfermedades, entre otras.

Anónimo (2001), menciona que los residuos dejados en la superficie del suelo, bajo un sistema de siembra directa, reduce la evaporación y el escurrimiento del agua. En zonas donde el régimen pluviométrico es el principal factor que limita el crecimiento de las plantas, la propiedad del “Mulch” de conservar la humedad de la superficie es una ventaja clara y probablemente esto explica el alto porcentaje de tierras de siembra directa en las praderas del Norte de los Estados Unidos. Otra ventaja asociada a este sistema de labranza de conservación, es el ahorro de tiempo entre la cosecha del cultivo y la siembra de otro, siendo más favorable para los cultivos dobles que para los monocultivos, además el rendimiento económico de la tierra se incrementa al haber dos cultivos por año en vez de solo uno.

Según **Caicedo (1997)**, en un sistema de siembra directa al no moverse el suelo se favorece gradualmente el desarrollo y sobrevivencia de algunas plagas, principalmente los insectos del suelo. Este autor indica que el sistema propicia a su vez, un mejor ambiente para la persistencia de bacterias y virus entomopatógenos que controlan las plagas.

En Ecuador, el **Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas del INIAP (2000)** en la EET-Pichilingue realizó estudios comparativos entre el sistema de siembra convencional y siembra directa, encontrando que los rendimientos fueron similares entre los tratamientos y además se logró acumular más agua en la época seca mediante el sistema de siembra directa en el segundo ciclo del estudio.

D. ANALISIS ECONOMICO

CIMMYT (1985), considera que el análisis económico en experimentos agrícolas se lo debe estudiar en tres partes: presupuesto parcial, análisis de dominancia y el análisis marginal.

1. Presupuesto parcial

Examina los costos y beneficios asociados con los diferentes tratamientos de un experimento.

2. Análisis de dominancia

Una vez completo el presupuesto parcial para un experimento se procede a comparar el total de costos que varían con los beneficios netos de cada tratamiento. Esta comparación comienza con un análisis de dominancia.

3. Análisis Marginal

Examina los cambios en costos y beneficios entre los tratamientos. En un presupuesto parcial los costos que varían son aquellos que están asociados con las variables experimentales. Los costos que varían son aquellos costos (por hectárea) relacionados con insumos, mano de obra, Maquinaria, etc.

III. MATERIALES Y METODOS

A. UBICACION

El presente estudio se realizó desde enero hasta junio de 2005. La localidad fue la Hda Cueva del Lobo, situada en el Km. 1 de la Vía San Carlos – Ventanas, Quevedo, Provincia de Los Ríos, en las coordenadas geográficas 01°08'08 de latitud sur y 79°26'19 de longitud occidental (GPS), con una altitud de 81 msnm.

B. CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y EDAFOLOGICAS

En el Cuadro 1, se presentan las características climáticas y edafológicas de la localidad donde se realizó el presente trabajo de investigación.

CUADRO 1 Características Climáticas y Edafológicas de la zona de San Carlos, Quevedo.

VARIABLES	CARACTERISTICAS CLIMATICAS¹ Y EDAFOLOGICAS²
Clima	Tropical húmedo
Temperatura promedio anual	24,45 °C
Precipitación media anual	2100 mm
Heliofania	870 horas luz año
Humedad relativa	84,82 %
Topografía	Plana
Drenaje	Bueno
Textura	Franco
pH	5.9

1 Datos tomados de la estación metereologica del INAMHI y que comprende las zonas de Quevedo y Mocache.

2 Datos tomados del Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas EET - Pichilingue – INIAP.

El área de Quevedo pertenece a la formación ecológica de bosque húmedo tropical. Sus suelos se han formado a partir de cenizas volcánicas de reciente deposición. Son suelos muy frágiles, presentan problemas de encostramiento superficial y están propensos a erosionarse, generalmente son suelos francos con buen drenaje interno. Se encuentran dentro del orden de los ANDISOLES. (INIAP, 2000)

C. FACTORES EN ESTUDIO

Se evaluaron agronómicamente los híbridos de maíz INIAP 552, VENCEDOR 8330 Y DEKALB 5005, y cinco niveles de doble sulfato de potasio y magnesio bajo el sistema de siembra directa.

1. Factores

Híbridos:

Maíz

H1 = INIAP 552

H2 = VENCEDOR 8330

H3 = PRONACA 5005.

Fertilización:

Doble sulfato de potasio y magnesio

D1 = 0 kg ha⁻¹

D2 = 75 kg ha⁻¹

D3 = 150 kg ha⁻¹

D4 = 225 kg ha⁻¹

D5 = 300 kg ha⁻¹

T0 = Testigo absoluto sin fertilizantes

2. Interacciones

CUADRO 2. Detalle de las interacciones resultantes de la combinación de las variables estudiadas en esta investigación.

Interacción	Híbrido (Parcela Grande)	Doble sulfato de potasio y magnesio (Parcela pequeña)
H1-D1	H1 (INIAP 552)	D1 (0 kg ha ⁻¹)
H1-D2	H1 (INIAP 552)	D2 (75 kg ha ⁻¹)
H1-D3	H1 (INIAP 552)	D3 (150 kg ha ⁻¹)
H1-D4	H1 (INIAP 552)	D4 (225 kg ha ⁻¹)
H1-D5	H1 (INIAP 552)	D5 (300 kg ha ⁻¹)
H1-T0	H1 (INIAP 552)	T0 (Testigo absoluto sin fertilizantes)
H2-D1	H2 (VENCEDOR 8330)	D1 (0 kg ha ⁻¹)
H2-D2	H2 (VENCEDOR 8330)	D2 (75 kg ha ⁻¹)
H2-D3	H2 (VENCEDOR 8330)	D3 (150 kg ha ⁻¹)
H2-D4	H2 (VENCEDOR 8330)	D4 (225 kg ha ⁻¹)
H2-D5	H2 (VENCEDOR 8330)	D5 (300 kg ha ⁻¹)
H2-T0	H2 (VENCEDOR 8330)	T0 (Testigo absoluto sin fertilizantes)
H3-D1	H3 (DEKALB 5005)	D1 (0 kg ha ⁻¹)
H3-D2	H3 (DEKALB 5005)	D2 (75 kg ha ⁻¹)
H3-D3	H3 (DEKALB 5005)	D3 (150 kg ha ⁻¹)
H3-D4	H3 (DEKALB 5005)	D4 (225 kg ha ⁻¹)
H3-D5	H3 (DEKALB 5005)	D5 (300 kg ha ⁻¹)
H3-T0	H3 (DEKALB 5005)	T0 (Testigo absoluto sin fertilizantes)

CUADRO 3 Cantidad kg ha⁻¹ nivel⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio.

Nivel	K₂O	MgO	S
D 1	0.0	0.0	0.0
D 2	16.5	13.5	16.5
D 3	33.0	27.0	33.0
D 4	49.5	40.5	49.5
D 5	66.0	54.0	66.0
T 0	Testigo Absoluto sin fertilizantes		

D. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

1. Tipo de diseño

Se dispuso de un Diseño de Bloques Completos al Azar en Parcela Dividida. Parcela Grande (Híbridos) y Parcela pequeña (Dosis).

2. Número de Repeticiones

Cuatro

E. CARACTERISTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

- | | |
|--|---|
| 1. <u>Número:</u> | 72 parcelas |
| 2. <u>Área total:</u> | 1728 m ² |
| Área útil: | 1382.4 m ² |
| Área de caminos: | 345.6 m ² |
| 3. <u>Distancia de siembra:</u> | 0.8 m entre hileras
0.16 m entre plantas |
| 4. <u>Población:</u> | 78125 pl ha ⁻¹ |
| 5. <u>Número de hileras por parcela:</u> | 6 |
| 6. <u>Área bruta de parcela:</u> | 19.2 m ² |
| Longitud de la parcela: | 4m |
| Ancho de la parcela: | 4.8 m |
| 7. <u>Área neta de parcela:</u> | 9.6 m ² (4 x 0.8 x 3 hileras) |

F. ANALISIS ESTADISTICOS

1. Análisis de varianza

El esquema del análisis de varianza se presenta en el Cuadro 4

CUADRO 4 Esquema del análisis de Varianza

FUENTE DE VARIACION	FORMULA	CALCULO	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	$(R \times H \times D) - 1$	$(4 \times 3 \times 6) - 1$	71
REPETICIONES	$R - 1$	$4 - 1$	3
HIBRIDOS	$H - 1$	$3 - 1$	2
ERROR (A)	$(R - 1)(H - 1)$	$(4 - 1)(3 - 1)$	6
DOSIS	$(D - 1)$	$(6 - 1)$	5
HIBRIDOS x DOSIS	$(H - 1)(D - 1)$	$(3 - 1)(6 - 1)$	10
ERROR (B)	$H((R - 1)(D - 1))$	$3((4 - 1)(6 - 1))$	45

A cada variable en estudio se le calculó el coeficiente de variación, y fue registrado en porcentaje.

Además, se realizó la prueba de significación de Tukey al 5% para las fuentes de variación significativas en cada variable en estudio.

2. Regresiones.

Se realizó regresiones entre el rendimiento y las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio al 0.01 % de probabilidades para determinar la confiabilidad de los rendimientos (kg ha^{-1}) obtenidos para cada uno de los tratamientos evaluados.

G. ANALISIS ECONOMICO

Para determinar el mejor tratamiento económico, los rendimientos fueron sometidos a un análisis de presupuesto parcial, dominancia de tratamientos y cálculo de la tasa de retorno marginal, siguiendo la metodología propuesta por el **CIMMYT, (1985)** que consiste en:

1. **Análisis de presupuesto parcial.** Que estima el beneficio neto de los tratamientos que se obtiene restando del beneficio bruto los costos que varían.
2. **Análisis de dominancia.** Para esto se ordenaron los tratamientos de mayor a menor beneficio neto con su respectiva relación de costos que varían para determinar que tratamientos fueron dominados. Se considero que un tratamiento fue dominado por otro cuando su beneficio neto fue igual o menor que el anterior y su costo que varia correspondiente fue mayor. Esto significa que se elimina un tratamiento que ofrece un menor beneficio neto a mayor costo.
3. **Análisis Marginal** (Tasa de retorno marginal)

Se calculó en base a la formula siguiente:

$$TRM = \frac{\text{Incremento marginal BN}}{\text{Incremento marginal CV}} \times 100$$

Donde:

TRM: Tasa de retorno marginal

BN: Beneficio Neto

CV: Costos Variables

H. DATOS REGISTRADOS

Las mediciones de las variables dependientes estuvieron distribuidas en todo el ciclo vegetativo del maíz. Cada variable fue calculada por tratamiento y repetición. A cada valor encontrado se lo consideró como una observación.

1. Antes de la cosecha

a. Porcentaje de emergencia.

Esta variable se la registró a los 10 días de edad del cultivo. Para el efecto se consideraron el total de las plantas de la parcela neta.

b. Días a la floración

Para obtener este dato se realizó un seguimiento desde los 48 días de edad de la planta hasta el día 53 de edad de la planta, debido a las diferencias que se presentó en cada híbrido. El valor de días a la floración se consideró cuando en cada tratamiento la parcela neta presentó un total del 51% de plantas con floración masculina.

c. Diámetro del tallo

Se la tomó a los 57 días del cultivo. Las mediciones se realizaron en el segundo entre nudo contando desde la base del tallo. Se tomaron 10 plantas por tratamiento. Se realizaron las medidas con un calibrador y los datos se los registró en centímetros.

d. Altura de inserción de mazorca.

El análisis de esta variable permitió conocer la facilidad en la cosecha de la mazorca. Se la tomó a los 88 días de edad del cultivo. Para esto, se consideró la distancia entre el nivel del suelo hasta el punto de inserción de la mazorca principal. Se utilizó una muestra de 10 plantas al azar de la parcela neta. Se la registró en centímetros.

e. Altura de planta

Se la registró a los 94 días de edad del cultivo. Para el efecto se consideró la altura existente entre el nivel del suelo y el punto de inserción de la panoja. Se obtuvo una muestra de 10 plantas al azar de la parcela neta y se registró las mediciones en centímetros.

f. Resistencia al acame

El cálculo de esta variable permitió determinar el grado de sostenibilidad de la planta. Se lo calculó un día antes de la cosecha considerando las plantas volcadas completamente y en un ángulo de 45° al nivel del suelo existentes en cada parcela neta frente a las normales.

2. Después de la cosecha

a. Porcentaje de mazorcas sanas

Esta variable fue registrada al momento de la cosecha, mediante un análisis visual utilizado por el programa de ensayos Internacionales de maíz del CIMMYT, el cual califica una mazorca sana cuando el porcentaje de granos sanos es mayor al 60% de la mazorca. Para cada tratamiento se realizó el conteo de mazorcas sanas, se lo expresó como porcentaje del total de mazorcas cosechadas.

b. Porcentaje de mazorcas podridas

Mediante un análisis visual utilizado por el programa de ensayos Internacionales de maíz del CIMMYT, el cual califica una mazorca podrida cuando el porcentaje de granos podridos es mayor al 40% de la mazorca. Para cada tratamiento se realizó el conteo de mazorcas podridas el cual se lo expresó como porcentaje del total de mazorcas cosechadas.

c. Porcentaje de mazorcas mal polinizadas

Fue registrada luego de la cosecha, mediante un análisis visual utilizado por el programa de ensayos Internacionales de maíz del CIMMYT, el cual califica una mazorca mal polinizada cuando en una mazorca existe un desorden en la ubicación de los granos, falta de granos en ciertas partes de la mazorca o cualquier factor que afecte significativamente el aspecto visual o físico de la mazorca. Para cada

tratamiento se realizó el conteo de mazorcas mal polinizadas el cual se lo expresó como porcentaje del total de mazorcas cosechadas.

d. Diámetro de Mazorca

Se la registró un día después de la cosecha, se tomaron 10 mazorcas al azar de la parcela neta de cada tratamiento y con la ayuda de un calibrador se procedió a registrar el diámetro, la lectura se hizo en la parte central de cada mazorca. Luego se tomo el promedio y el dato fue registrado en centímetros.

e. Longitud de mazorca

Se la calculó tomando 10 mazorcas al azar de la parcela neta de cada tratamiento un día después de la cosecha, para luego con una regla registrar el valor. En la mazorca fue medida su longitud y el valor promedio se lo registró en centímetros.

f. Peso de Mazorcas.

Esta variable fue calculada un día después de la cosecha. De la parcela neta de cada tratamiento se tomaron 10 mazorcas al azar las que fueron pesadas individualmente en una balanza, el valor fue dado en gramos.

g. Número de granos por mazorca

Se obtuvo 10 mazorcas al azar de la parcela neta de cada tratamiento, las cuales fueron desgranadas individualmente para luego contar cuantos granos presentó cada una de las mazorcas.

h. Peso de 100 granos.

Se tomaron 100 granos de cada tratamiento, a los cuales luego con la ayuda de una balanza de precisión se determinó su peso.

i. Plantas a la cosecha

Para esta variable se consideró una mortalidad y sobrevivencia total de la parcela neta, el valor fue dado mediante la sobrevivencia existente, y comparado con el número de plantas al inicio del cultivo. El valor fue tomado a los 120 días (edad de cosecha) y expresado en porcentaje.

j. Porcentaje de humedad del grano.

Con la ayuda de un medidor digital de humedad de grano de maíz, de cada tratamiento se tomó una cantidad de grano requerida por el medidor de humedad, con la cual se determinó la humedad exacta. El valor fue dado en porcentaje.

k. Rendimiento del grano.

Esta variable fue calculada después de la cosecha y desgrane mecánico de las mazorcas. Primero se procedió a tomar el rendimiento bruto de la parcela neta, es

decir el peso de la cosecha. Luego con el porcentaje de humedad de campo y el porcentaje de humedad comercial que es de 13%, se calculó el rendimiento ajustado aplicando la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{(100 - \text{HC}) \text{PC}}{87} * 1041.66$$

Donde:

HC= humedad de campo

PC= peso de campo

87= constante de ajuste de humedad al 13%

1041,66= dato de ajuste para una hectárea (10000 área cosechada⁻¹)

I. Variables adicionales

1) Porcentaje de cinta roja.

Debido a la presencia de esta enfermedad (complejo de virus, micoplasma y espiroplasma) en la zona del ensayo y otras zonas maiceras se vio necesario realizar la evaluación de esta variable que permitió determinar el grado de incidencia de esta enfermedad en cada uno de los híbridos de maíz estudiados, y conocer la susceptibilidad o tolerancia que presenta cada uno.

Se evaluó a los 72 días de edad del cultivo, haciendo un conteo de las plantas con síntomas para cada uno de los tratamientos y luego el valor se expresó en porcentaje.

3. Manejo Agronómico del cultivo

La siembra se realizó el 17 de enero de forma manual usando los híbridos, INIAP 552, Dekalb 5005 y Vencedor 8330, utilizando un distanciamiento de 0,16 entre plantas y 0,80 entre hileras, resultando una densidad de 78125 pl ha⁻¹. Se colocó una semilla por sitio.

De acuerdo al análisis de suelo realizado en presiembra se establecieron las dosis de nitrógeno y fósforo a utilizarse para cada uno de los tratamientos a excepción de los testigos absolutos, y las dosis usadas fueron las siguientes:

N = 180 kg ha⁻¹, en dos fracciones.

P = 60 kg ha⁻¹, en una fracción.

Se aplicó el fertilizante de la siguiente manera:

Primera fracción 10 días después de la siembra (DDS) con Nitrógeno (Urea 46%) 195,62 kg ha⁻¹ + Fósforo (Súper Fosfato Triple 46%) 130 kg ha⁻¹ + la dosis de doble sulfato de potasio y magnesio (Sulpomag) de cada tratamiento.

Segunda fracción a los 26 días después de la siembra, con Nitrógeno (Urea 46%) 195,62 kg ha⁻¹.

El control de los insectos plaga en especial gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se realizó de manera preventiva de la siguiente manera.

En el momento de la siembra se aplicó Thiodicarb (Semevin) en dosis de 400cc qq⁻¹ de semilla.

Se realizaron tres aplicaciones de Clorpirifos (Lorsban 4 E) de la siguiente manera:

A los 9 DDS, en dosis de 0.5 L ha^{-1} .

A los 18 DDS se aplicó con la misma dosis y en forma de cebo con arena.

Y finalmente, a los 28 DDS con la misma dosis y en forma de cebo.

El control de malezas se lo hizo en tres etapas de forma química y manual, de la siguiente manera:

La primera aplicación 1 día después de la siembra, una mezcla de Glifosato (Glifopac) 2 L ha^{-1} para eliminar malezas perennes + Pendimetalin (Prowl 400 EC) 3 L ha^{-1} como preemergente de gramíneas.

La segunda fue un control manual a los 26 días después de la siembra.

Y finalmente la tercera aplicación a los 37 días, con Paraquat (Gramoxone Classic) 2 L ha^{-1} de forma dirigida con pantalla.

La cosecha de cada uno de los híbridos se la realizó a los 120 días de edad del cultivo en forma manual, cada una de las parcelas netas fue cosechada en su totalidad y las mazorcas fueron colocadas en sacos. Después se procedió a registrar cada una de las variables post cosecha.

Durante el ensayo se realizaron análisis químicos de suelo y foliar con el fin de obtener los valores reales de elementos presentes en el suelo, antes y después de la siembra y que cantidad de elementos se encontraban presentes en el cultivo. Además, mediante la ayuda de una calicata se determinó las características físicas y químicas del suelo del área experimental hasta una profundidad de 1,6 metros.

IV. RESULTADOS

A. ANTES DE LA COSECHA

1. Porcentaje de emergencia.

En el **Cuadro 5**, se muestra que el porcentaje de emergencia estuvo por encima del noventa y cinco por ciento para los tres híbridos estudiados y con cada una de las dosis empleadas, lo que indica que las semillas se encontraban en óptimas condiciones al momento de la siembra. Además, hasta los 10 DDS en que fue tomada esta variable ya toda la semilla germinó y de manera uniforme.

Estadísticamente no existieron diferencias significativas para, híbridos, dosis e interacciones. (**Anexo 1**)

CUADRO 5 Porcentaje promedio de emergencia de los tres híbridos de maíz analizados con cada una de las dosis empleadas.

Doble sulfato de potasio y magnesio kg ha ⁻¹	Híbridos			Promedio
	H - INIAP 552	H - 8330	H - DK 5005	
0	93.7	97.1	94.2	95.0 NS
75	94.7	98.5	96.6	96.6 NS
150	96.1	98.0	96.6	96.9 NS
225	96.6	95.6	97.6	96.6 NS
300	94.2	96.6	96.6	95.8 NS
Testigo	94.7	97.6	94.7	95.6 NS
Promedio TUKEY (0.05 %)	95.0 NS	97.2 NS	96.0 NS	96.1

2. Días a la floración

En cuanto al número de días a la floración, se observó que de acuerdo al análisis estadístico los híbridos, las dosis y las interacciones presentaron diferencias altamente significativas. (**Anexo 1**).

En la **Figura 1**, se presentan los promedios para esta variable, donde los híbridos H – INIAP 552 y H - 8330 tuvieron una floración mas temprana (48 días) en sus tratamientos con fertilización; mientras que, el híbrido H – DK 5005 presentó la floración mas tardía con 50 días, en sus tratamientos con fertilización.

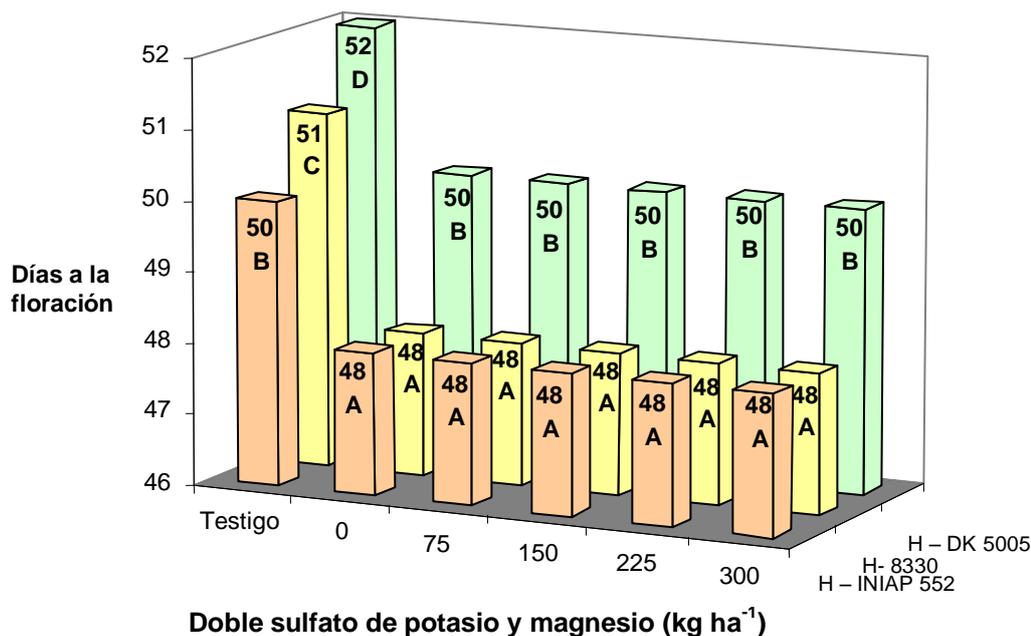


FIGURA 1 Efectos de la interacción de la aplicación de dosis de doble sulfato de potasio y magnesio en tres híbridos de maíz sobre los días a la floración

3. Diámetro del tallo

Según el análisis estadístico (**Anexo 1**) existen diferencias estadísticas altamente significativas entre híbridos y entre dosis, mientras que las interacciones (híbrido x dosis) no presentaron diferencias estadísticas.

En la **Figura 2**, se puede ver que el híbrido DK – 5005 presentó el mayor diámetro de tallo con 2,24 cm., y el menor diámetro de tallo lo presentó el híbrido INIAP 552 con 2,10 cm.

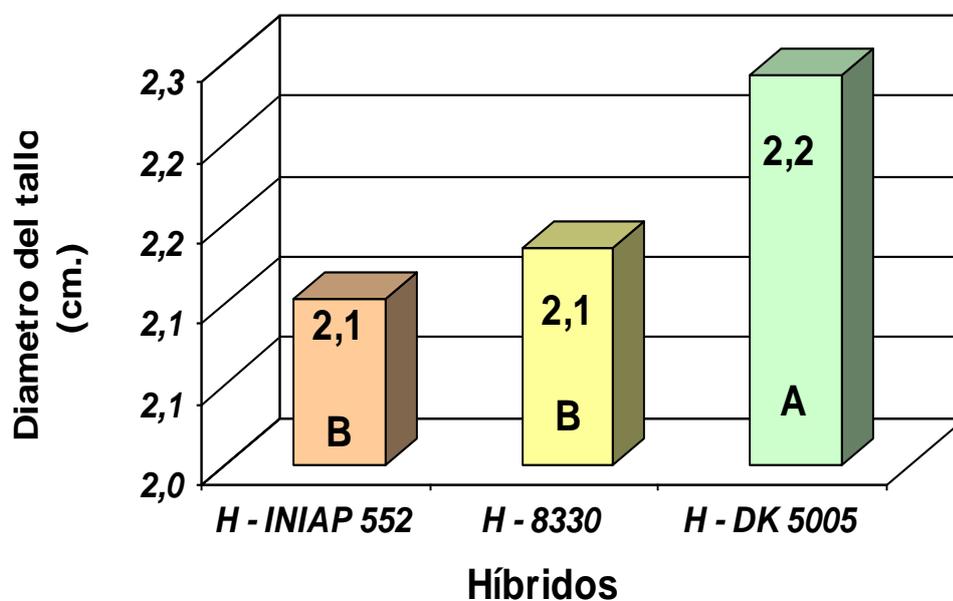


FIGURA 2 Diámetro del tallo de tres híbridos de maíz evaluados.

En cuanto a las dosis, se presentó una diferencia de 0,06 cm. entre la dosis de 75 kg ha de doble sulfato de potasio y magnesio, y las demás dosis con fertilización, valor que no resultó estadísticamente significativo según la prueba de Tukey al 5%, pero en comparación con el testigo (sin fertilización) esa diferencia se elevó a 0.41 cm. valor que es estadísticamente diferente. (**Figura 3**).

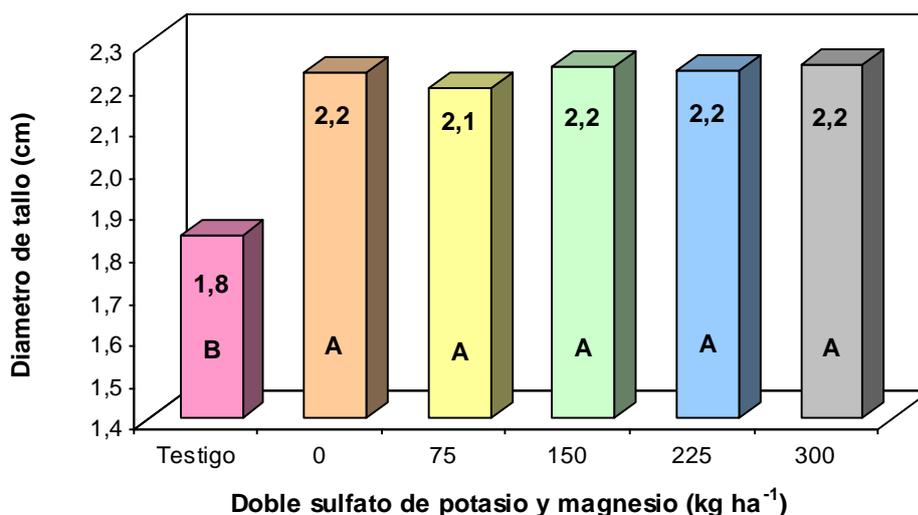


FIGURA 3 Diámetro de tallo, afectado por las diferentes dosis de doble sulfato de potasio y magnesio

4. Altura de inserción de mazorca

De acuerdo al análisis estadístico se detectaron diferencias estadísticas significativas entre híbridos, dosis y las interacciones.

En el **Cuadro 6**, se observa que el híbrido DK – 5005 presentó mayor altura de inserción de mazorca con 155.32 cm. y que los híbridos INIAP 552 y H - 8330 la menor altura de inserción con 134.22 y 133.15 cm. respectivamente.

CUADRO 6 Altura media de inserción de mazorca en tres híbridos evaluados.

Híbridos	Altura de inserción de mazorca (cm).
H - INIAP 552	134.22 (B)
H – 8330	133.15 (B)
H – DK 5005	155.32 (A)

En cuanto a las dosis utilizadas, la de 225 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio con 144,5 cm. presentó la mayor altura de inserción de mazorca, pero las restantes dosis que contenían doble sulfato de potasio y magnesio no presentaron diferencias estadísticas en relación a esta. Las diferencias estadísticas se observaron con la dosis de 0 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio y con el testigo (sin fertilizantes) que presentaron 138,8 y 131,4 cm. respectivamente (**Figura 4**).

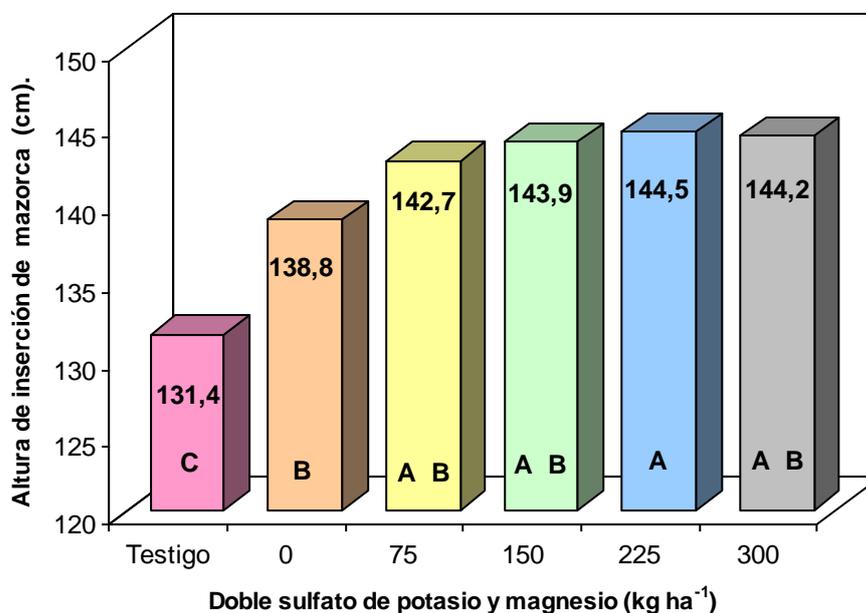


FIGURA 4 Promedio de altura de inserción de mazorca, afectada por las diferentes dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.

En la **Figura 5** se observa que la interacción entre híbrido DK 5005, con los niveles de fertilización 75, 150, 225 y 300 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio presentaron una altura de inserción de mazorca mayor de 155 cm. ocupando el primer rango, y que el testigo del híbrido INIAP 552 presentó la menor altura de inserción de mazorca con 125 cm.

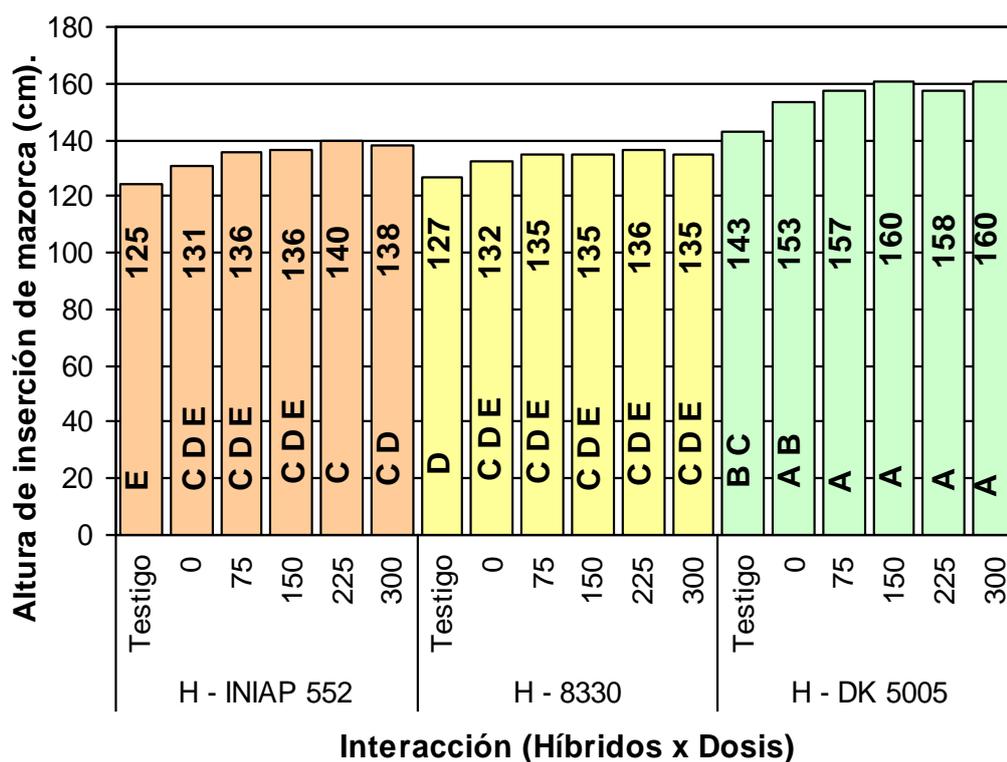


FIGURA 5 Efecto de la interacción Híbridos x Dosis de doble sulfato de potasio y magnesio sobre altura de inserción de mazorca.

5. Altura de Planta

En los resultados de esta variable se detectó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre híbridos y dosis, no así para las interacciones. **(Anexo 1).**

El híbrido que mostró una mayor altura de planta fue el H-DK 5005 con 285.4 cm., mientras que los dos restantes el H-INIAP 552 y el H-8330 con 255.5 cm. y 256,1 cm. respectivamente, resultaron iguales y diferentes al híbrido H-DK 5005. **(Figura 6).**

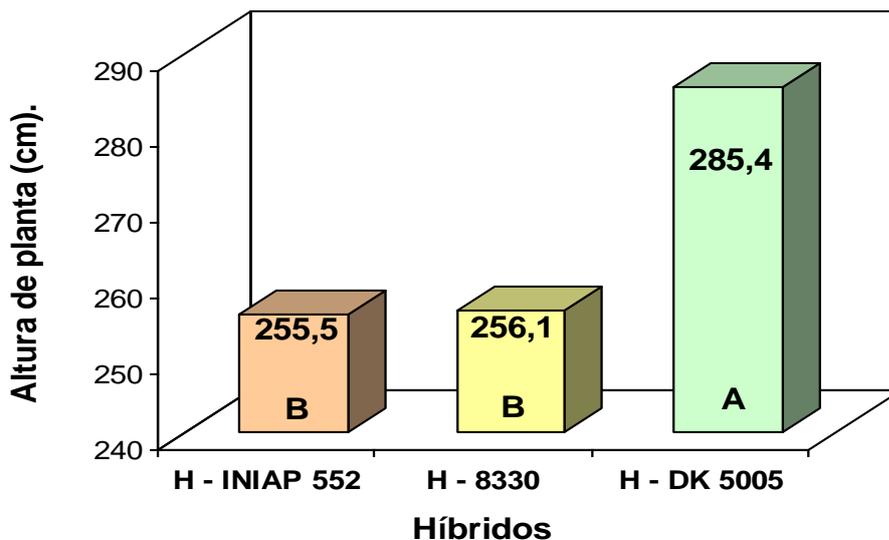


FIGURA 6 Altura de planta promedio de los tres híbridos de maíz evaluados.

La respuesta a las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio se presenta en la **Figura 7**, donde se observa que no existen diferencias estadísticas significativas entre las dosis que tenían fertilización y que presentan las mayores alturas de planta, a diferencia del testigo que presentó la menor altura de planta (249,9 cm.).

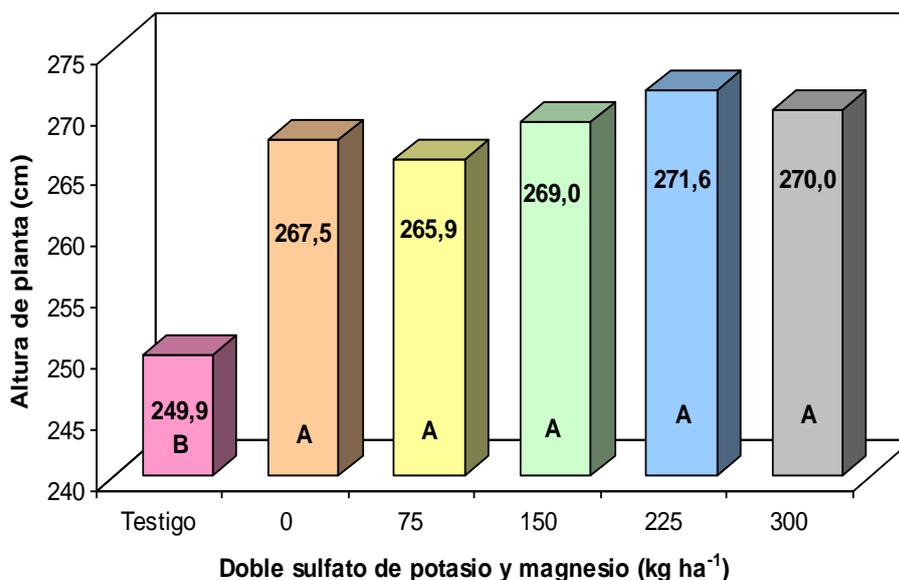


FIGURA 7 Promedio de altura de planta, afectada por las diferentes dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.

6. Resistencia al acame

Como se observa en el análisis estadístico (**Anexo 1**) no existen diferencias estadísticas significativas entre híbridos, dosis e interacciones.

En el **Cuadro 7** se aprecia que en los tres híbridos evaluados, en las dosis utilizadas y en sus respectivas interacciones los porcentajes de resistencia al acame superan el 97%.

CUADRO 7 Resistencia al acame promedio en los tres híbridos de maíz evaluados con sus respectivas dosis.

Doble sulfato de potasio y magnesio kg ha ⁻¹	Híbridos			Promedio
	H - INIAP 552	H - 8330	H - DK 5005	
0	98.9	98.5	100.0	99.1 NS
75	100.0	99.5	100.0	99.8 NS
150	99.5	99.5	99.5	99.5 NS
225	97.3	99.5	100.0	98.9 NS
300	100.0	98.4	99.5	99.3 NS
TESTIGO	99.5	99.5	100.0	99.7 NS
Promedio	99.2 NS	99.1 NS	99.8 NS	99.3

B. DESPUÉS DE LA COSECHA.

1. Porcentaje de mazorcas sanas.

En la **Figura 8** se observa que hubo diferencias estadísticas significativas y que el híbrido con mejor porcentaje de mazorcas sanas fue el H – DK 5005 con 56,5 % y el híbrido con menor porcentaje de mazorcas sanas resultó el H- INIAP 552 con 30 %.

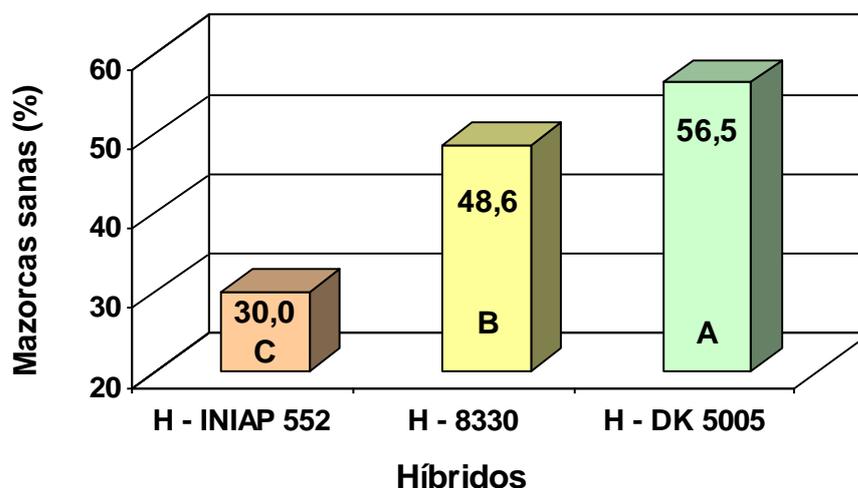


FIGURA 8 Porcentaje de mazorcas sanas de los tres híbridos de maíz estudiados

En cuanto a las dosis, la que presentó el mayor porcentaje de mazorcas sanas fue 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio con 51 %, pero a pesar de las diferencias numéricas con las demás dosis de fertilización, la prueba de Tukey al 5 % no detectó diferencias estadísticas significativas. Además, en la misma figura se observa que el testigo presentó el menor porcentaje de mazorcas sanas con el 33.5%.(Figura 9).

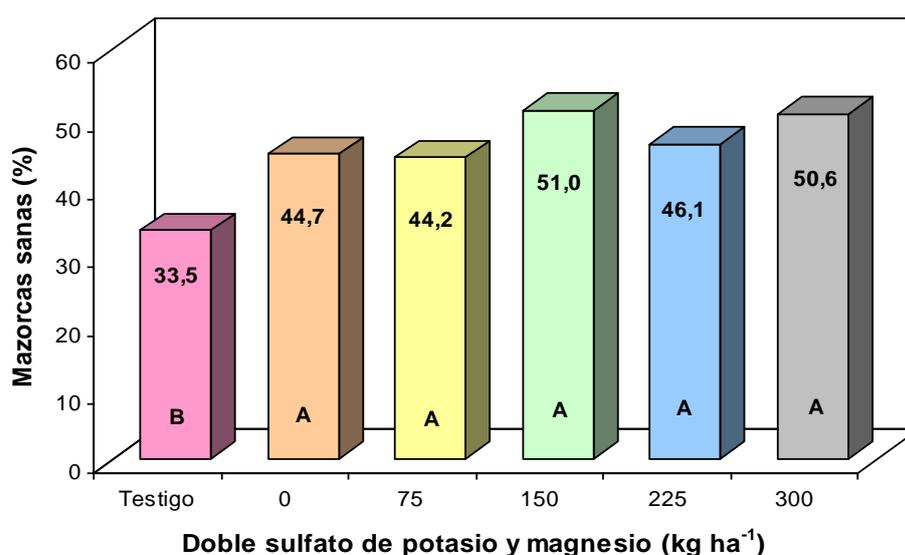


FIGURA 9. Porcentaje de mazorcas sanas promedio, afectado por las diferentes dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.

2. Porcentaje de mazorcas podridas.

Con el análisis estadístico (**Anexo 2**) realizado para esta variable, se detectó que existieron diferencias estadísticas altamente significativas para híbridos y dosis; mientras que en las interacciones no existieron diferencias estadísticas significativas.

En el **Cuadro 8** se aprecia que el híbrido INIAP 552 resultó estadísticamente con mayor porcentaje de mazorcas podridas (28%) si se compara con los híbridos H-8330 y H- DK 5005 que presentaron porcentajes menores al 10%.

CUADRO 8 Porcentaje de mazorcas podridas promedio de los tres híbridos estudiados.

Híbridos	Mazorcas podridas (%)
H - INIAP 552	28,0 (A)
H – 8330	9,5 (B)
H – DK 5005	5,6 (B)

Con respecto a las dosis, en la **Figura 10**, se observa que el empleo de doble sulfato de potasio y magnesio ocasionó una disminución en el porcentaje de mazorcas podridas, comparado con la dosis de 0 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio y el testigo.

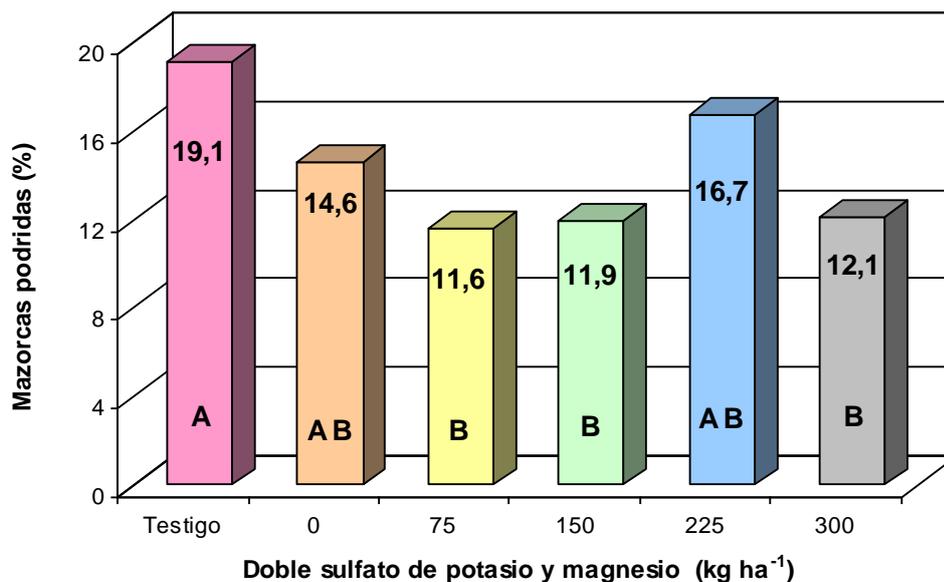


FIGURA 10 Porcentaje mazorcas podridas, afectado por dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.

3. Porcentaje de mazorcas mal polinizadas.

Esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas entre híbridos y en la interacción, mientras que si hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre dosis. (**Anexo 2**).

Analizando los promedios del porcentaje de mazorcas mal polinizadas entre híbridos que se muestran en el **Cuadro 9**, el H- INIAP 552 y H- 8330 presentaron un porcentaje de mazorcas mal polinizadas del 42,0 %, mientras que el H - DK 5005 presentó el 37,9 %.

CUADRO 9 Porcentaje de mazorcas mal polinizadas de los tres híbridos estudiados.

HÍBRIDOS	MAZORCAS MAL POLINIZADAS (%)
H – INIAP 552	42,0 (A)
H – 8330	42,0 (A)
H – DK 5005	37,9 (A)

Con respecto a las dosis, el mayor porcentaje de mazorcas mal polinizadas se presentó con el testigo (47,4 %); mientras que las dosis superiores de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio presentaron el menor porcentaje de mazorcas mal polinizadas con el 37 %. (**Figura 11**)

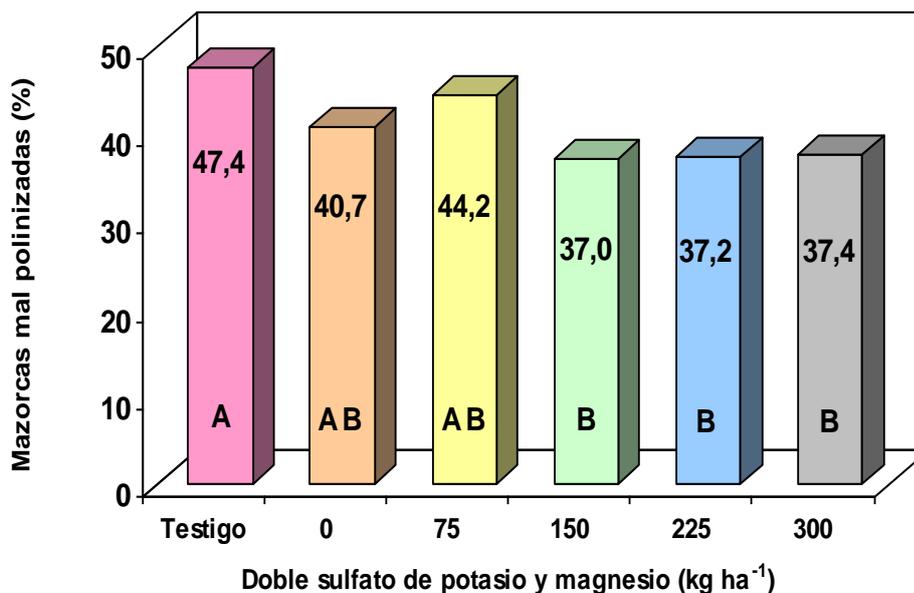


FIGURA 11 Porcentaje promedio de mazorcas mal polinizadas, afectado por las diferentes dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.

4. Diámetro de mazorca.

De los datos obtenidos para esta variable, se detectó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre híbridos y entre dosis, pero no entre las interacciones. (**Anexo 3**).

En la **Figura 12** se observa que los híbridos H- 8330 y H – DK 5005 presentaron el mayor diámetro de mazorca con 4,93 cm. y 4.86 cm. respectivamente y el híbrido H – INIAP 552 el menor diámetro con 4,41 cm.

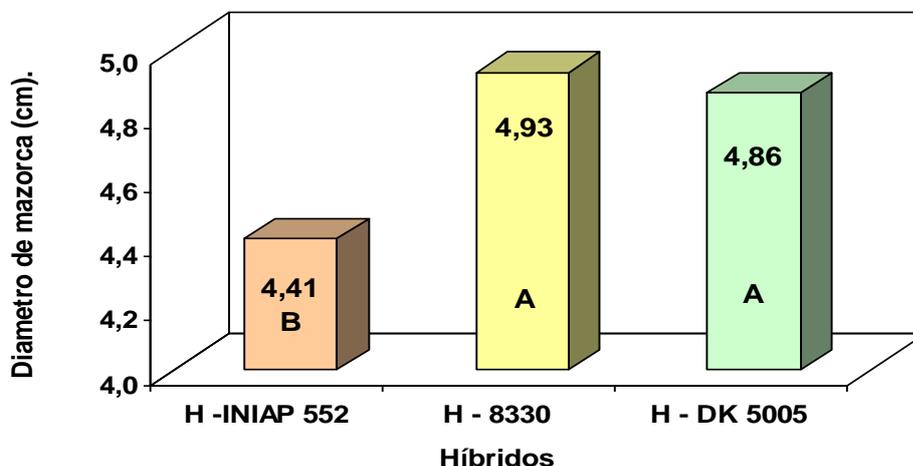


FIGURA 12 Diámetro de mazorcas promedio de los tres híbridos de maíz evaluados

Los resultados encontrados entre las dosis utilizadas mostraron que las dosis entre 225 y 300 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio presentaron el mayor diámetro de mazorcas con 4,9 cm.; mientras que, el testigo resultó con el menor diámetro en sus mazorcas con 4,4 cm. (**Figura 13**).

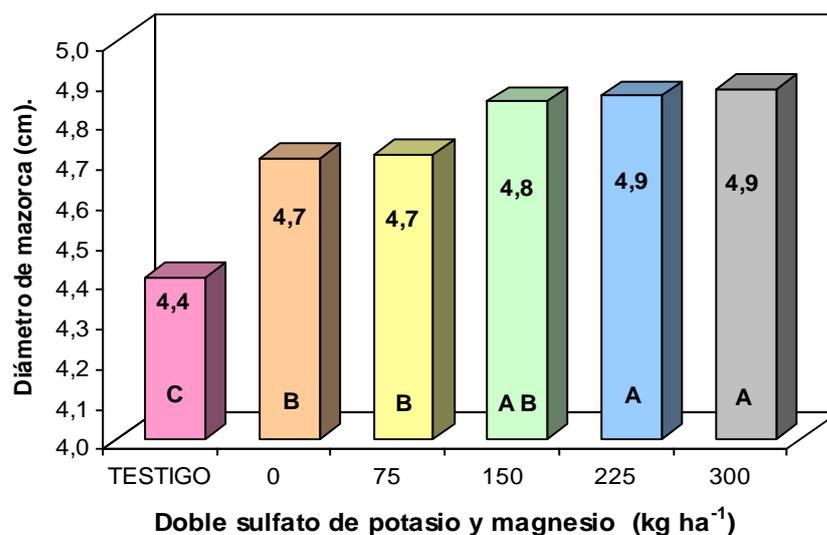


FIGURA 13 Diámetro de mazorca promedio, afectado por la dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.

5. Longitud de mazorca

En el **Cuadro 10**, se observa que a pesar de que las diferencias son pequeñas (1.1 cm.) entre híbridos, este valor es suficiente para que existan diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de Tukey al 5%; y es así que el híbrido H – DK 5005 presentó la mayor longitud en sus mazorcas con 16.9 cm. a diferencia de los dos restantes híbridos H-8330 y H- INIAP 552 que presentaron 16.4 y 15.7, respectivamente.

CUADRO 10 Longitud de mazorca promedio de los tres híbridos evaluados

Híbridos	Longitud de mazorca (cm.)
H – INIAP 552	15.7 (C)
H – 8330	16.4 (B)
H – DK 5005	16.9 (A)

En cuanto a las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio que alcanzaron la mayor longitud en sus mazorcas, fueron las superiores a 150 kg ha⁻¹ con valores entre 16.8 y 17,4 cm., y el testigo la menor longitud en sus mazorcas con 14,0 cm. (**Figura 14**).

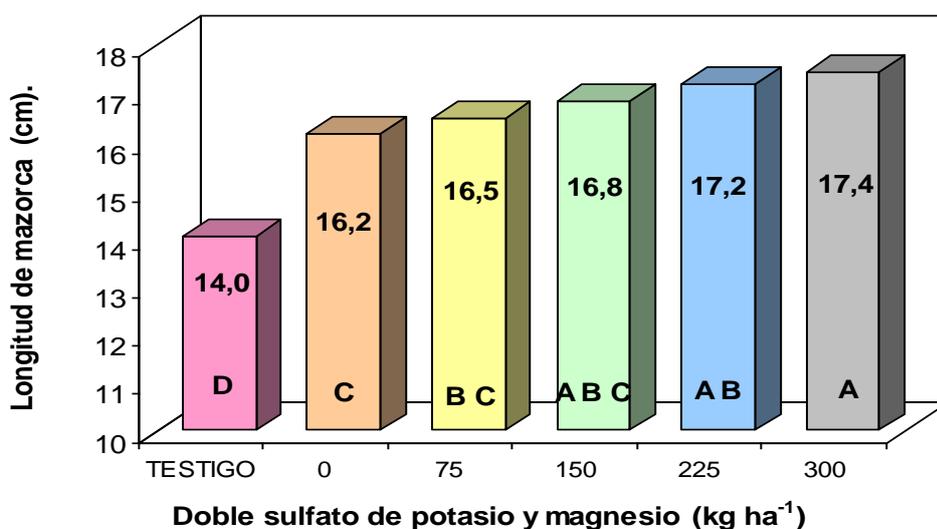


FIGURA 14 Promedio de longitud de mazorcas, afectado por las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.

Las interacciones entre la dosis de 300 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio con los híbridos H-DK 5005 y H-8330 mostraron la mayor longitud de mazorca con 18,0 y 17,9 cm., respectivamente, a diferencia de la interacción entre el testigo con el híbrido H- INIAP 552 que mostró la menor longitud (13,8 cm.). (FIGURA 15).

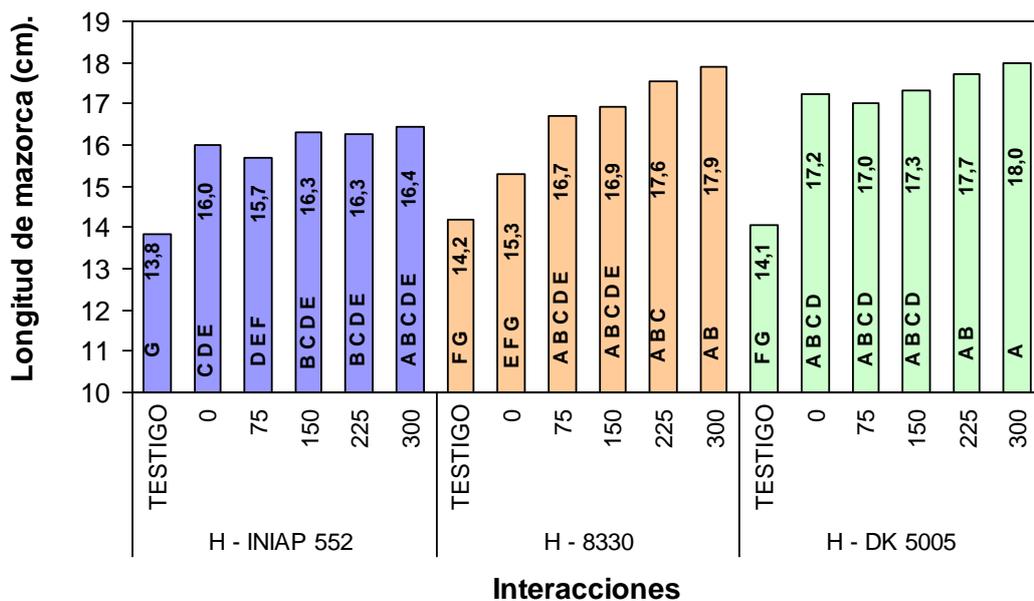


FIGURA 15 Efecto de la interacción (Híbrido x Dosis) de doble sulfato de potasio y magnesio, sobre la longitud de mazorca.

6. Peso de Mazorcas

Realizando el análisis estadístico, se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas entre híbridos y dosis, pero no así en las interacciones (Anexo 3).

En la **Figura 16**, se observa que el híbrido H – DK 5005 presentó el mayor peso en sus mazorcas con un promedio de 225,6 g, superando a los dos híbridos restantes H-8330 y H-INIAP 552 que mostraron 193.0 y 149,1 g, respectivamente.

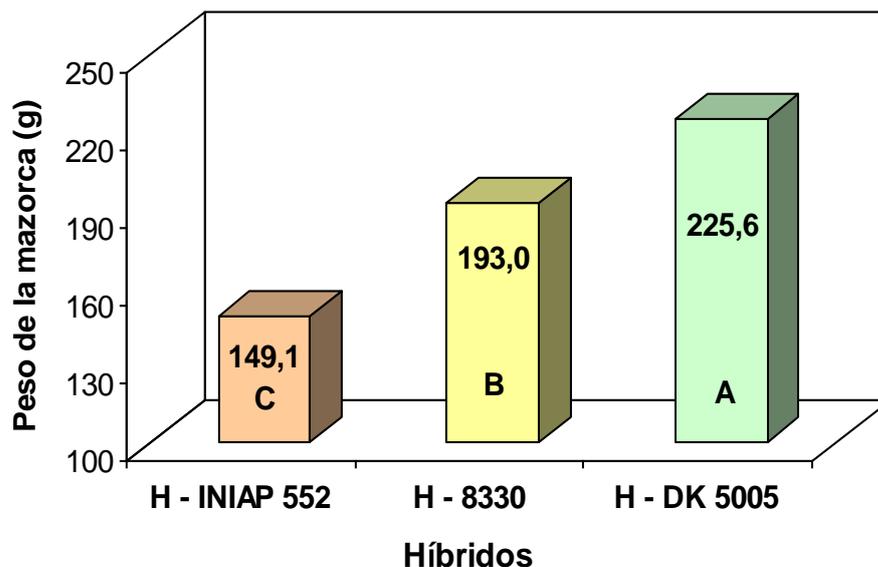


FIGURA 16 Peso de la mazorca promedio de tres híbridos de maíz.

En cuanto a las dosis, 300 y 225 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio con 225,0 y 220,2 g respectivamente, presentaron los mayores pesos en sus mazorcas, a diferencia del testigo que obtuvo el menor peso de mazorca (123 g) (Figura 17).

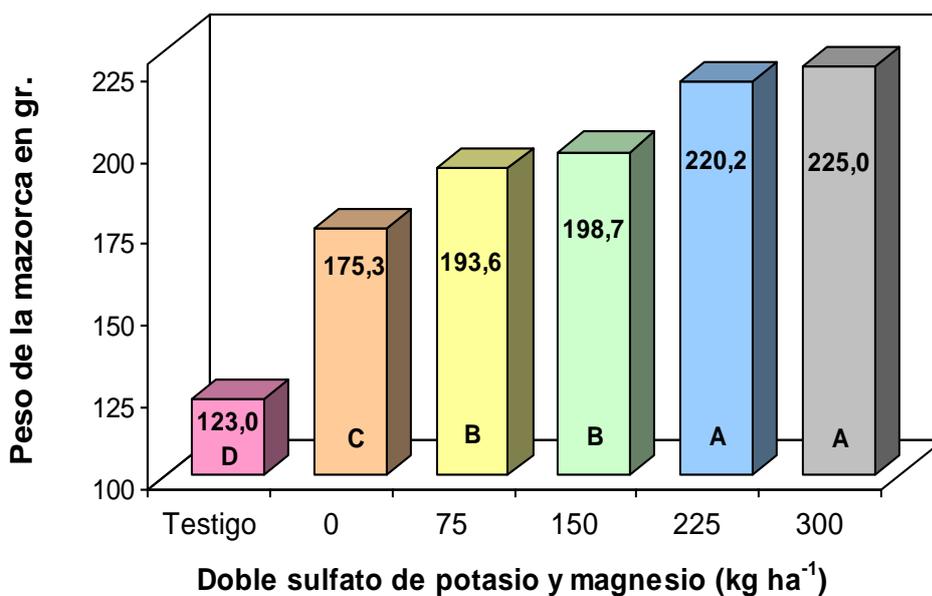


FIGURA 17. Peso promedio de mazorca, afectado por los niveles de doble sulfato de potasio y magnesio.

7. Número de granos por mazorca

El análisis estadístico para esta variable (**Anexo 3**), mostró que existieron diferencias estadísticas altamente significativas para híbridos, dosis y sus interacciones.

En la **Figura 18** se ve que el híbrido H – DK 5005 presentó mayor número de granos por mazorca (566 unidades) y el híbrido H – INIAP 552 presentó el menor número de granos (428 unidades), esta diferencia fue significativa según la prueba de Tukey al 5%.

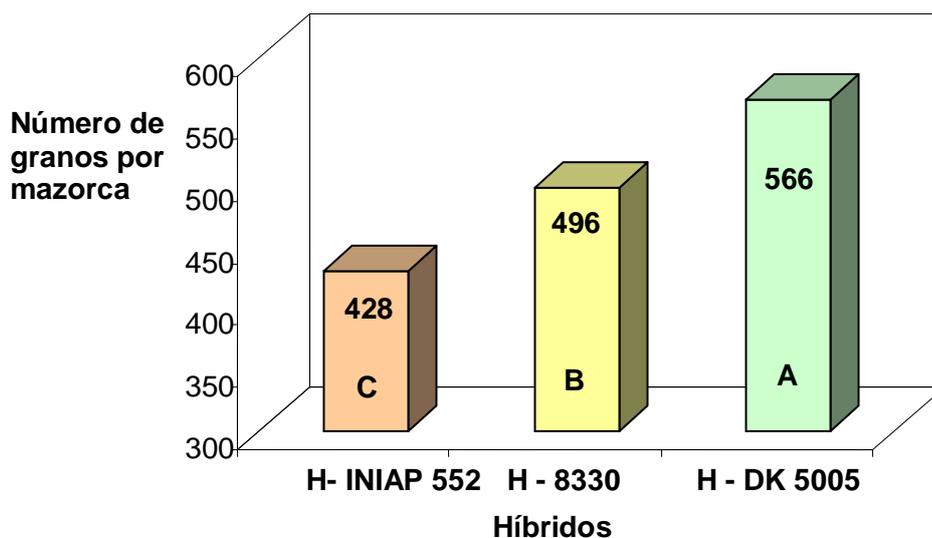


FIGURA 18 Número de granos por mazorca promedio de tres híbridos de maíz.

La aplicación de doble sulfato de potasio y magnesio provocó efectos positivos en esta variable. Así, en la **Figura 19**, se observa que con la aplicación de doble sulfato de potasio y magnesio se logró mayor número de granos por mazorca, pero entre estas dosis, las diferencias no resultaron significativas. El menor número de granos se detectó en el testigo con 438 unidades.

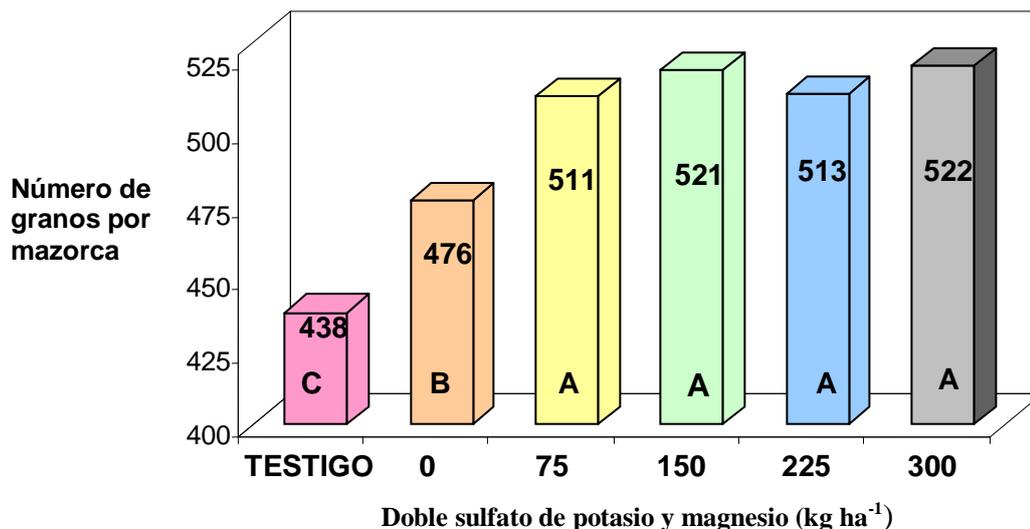


FIGURA 19 Número de granos promedio por mazorca, afectado por los niveles de doble sulfato de potasio y magnesio.

En la **Figura 20**, se observa que las interacciones que presentaron mayor número de granos por mazorca fueron las del híbrido H-DK 5005 con las dosis de 75, 150, 225 y 300 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio, que superaron las 550 unidades, a diferencia de la interacción entre el híbrido H- INIAP 552 y el testigo que presentó apenas 304 unidades por mazorca.

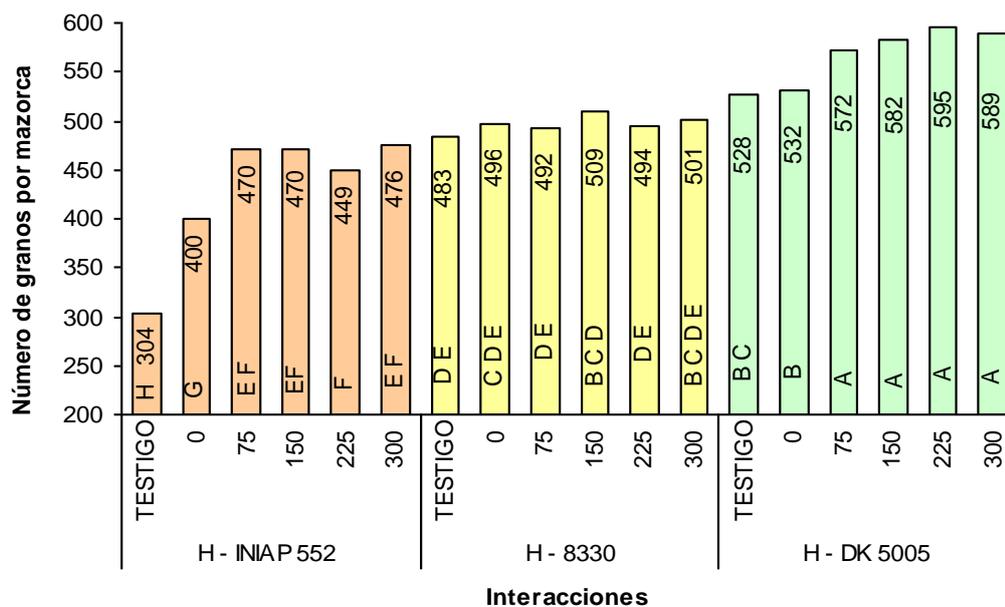


FIGURA 20 Efecto de la interacción Híbridos x Dosis de doble sulfato potasio y magnesio sobre el número de granos por mazorca.

8. Peso de 100 granos

El **Cuadro 11** se observa que el híbrido H - INIAP 552 presentó un peso en 100 granos de 41,3 g, superando por un valor muy pequeño a los híbridos H-8330 (40.6 g) y H – DK 5005 (39,1 g), esta diferencia según la prueba de Tukey al 5% es estadísticamente significativa.

CUADRO 11 Peso promedio de 100 granos de los tres híbridos de maíz (g.).

Híbridos	Peso de 100 granos (g)
H – INIAP 552	41,3 A
H - 8330	40,6 B
H - DK 5005	39,1 C

Las dosis de fertilización mostraron un mayor peso de 100 granos, destacando la dosis de 225 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio con 41,1 g., a diferencia del Testigo que obtuvo el menor peso de 100 granos con 38,2 g. (Figura 21).

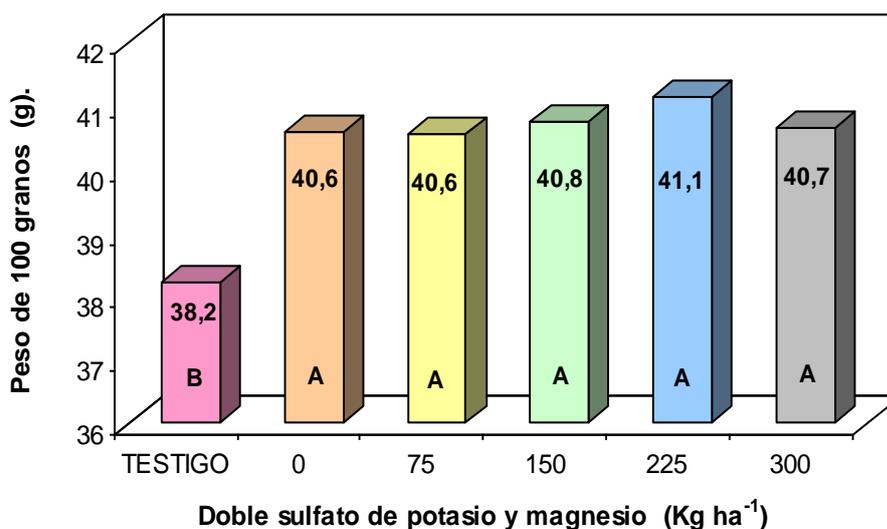


FIGURA 21 Peso promedio de 100 granos, afectado por las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio.

9. Porcentaje de plantas a la cosecha.

De acuerdo al análisis estadístico (**Anexo 3**), se encontraron diferencias estadísticas significativas entre híbridos e interacciones, mientras que entre dosis no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

En el **Cuadro 12**, se observa que los promedios de los híbridos H – DK 5005 y H – 8330 se encuentran por encima del 93 % mientras que para el híbrido H – INIAP 552 ese porcentaje baja a 88 %, razón de la significancia obtenida en la prueba de Tukey al 5%.

CUADRO 12 Porcentaje de plantas a la cosecha de los tres híbridos evaluados y las dosis utilizadas con cada uno de ellos.

Doble sulfato de potasio y magnesio kg ha ⁻¹	Híbridos			Promedio
	H - INIAP 552	H – 8330	H - DK 5005	
O	88,5	93,8	93,3	91,8 NS
75	88,0	96,6	95,2	93,3 NS
150	88,0	93,8	96,2	92,6 NS
225	88,9	89,4	93,8	90,7 NS
300	92,3	91,3	96,6	93,4 NS
TESTIGO	88,0	96,2	92,3	92,1 NS
Promedio Tukey (0.05)	88,94 B	93,5 A	94,5 A	92.3

Las interacciones en que se utilizaron los híbridos H– DK 5005 y H-8330 con los diferentes niveles de fertilización obtuvieron los mayores porcentajes de plantas a la cosecha, mientras que con menor porcentaje se encontraron las interacciones en que intervino el híbrido H- INIAP 552. (**FIGURA 22**).

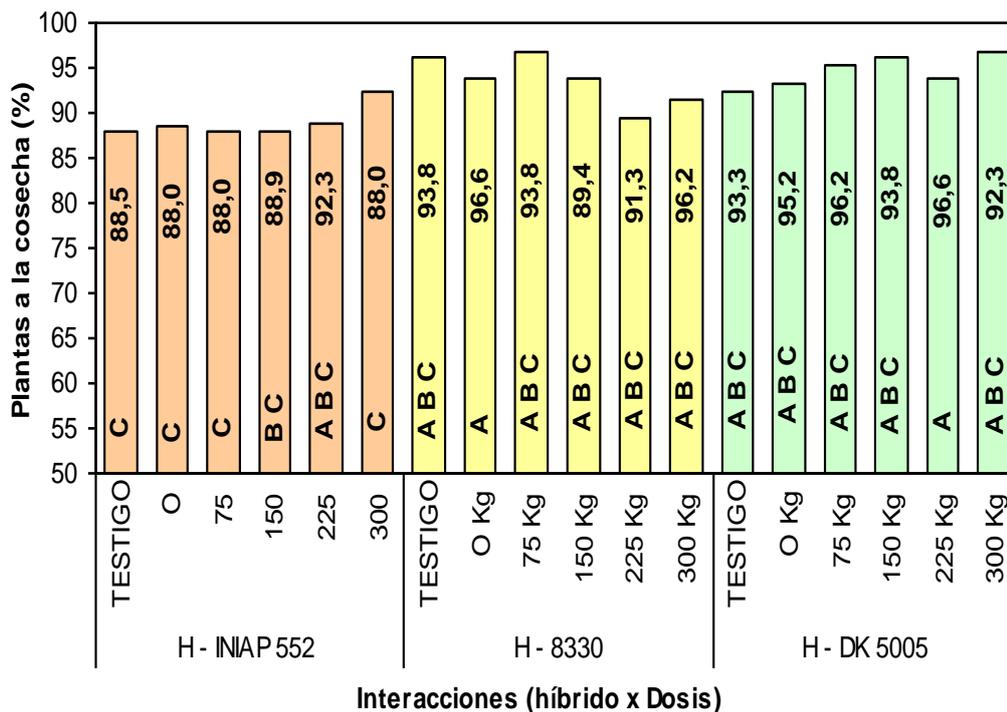


FIGURA 22 Efecto de la interacción Híbridos x Dosis de doble sulfato de potasio y magnesio sobre el porcentaje de plantas a la cosecha.

10. Porcentaje de humedad del grano.

En la **Figura 23**, se observa que el híbrido H – DK 5005 presentó la mayor cantidad de humedad en el grano con un porcentaje del 30%, mientras que el de menor humedad en su grano fue el híbrido H – INIAP 552 con el 22,6 % al momento de la cosecha.

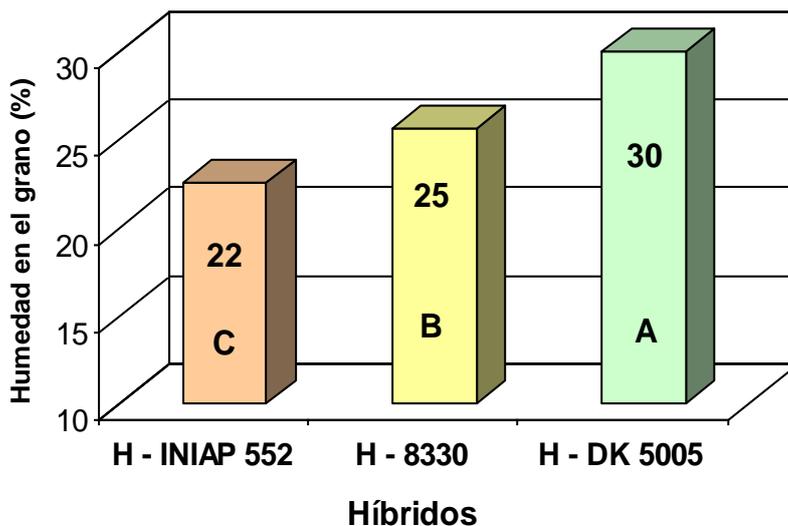


FIGURA 23. Porcentaje de humedad promedio de tres híbridos de maíz.

11. Rendimiento (kg ha⁻¹)

En la **Figura 24**, se observa que entre híbridos, el H- DK 5005 con 9422,3 kg ha⁻¹ (207.3 qq ha⁻¹) alcanzó el mayor rendimiento, superando con 2022 kg ha⁻¹ al híbrido H-8330 que presentó 7399,4 kg ha⁻¹ (162.8 qq ha⁻¹) y con 5160.8 kg ha⁻¹ al híbrido H – INIAP 552 que obtuvo 4261,4 kg ha⁻¹ (93.7 qq ha⁻¹).

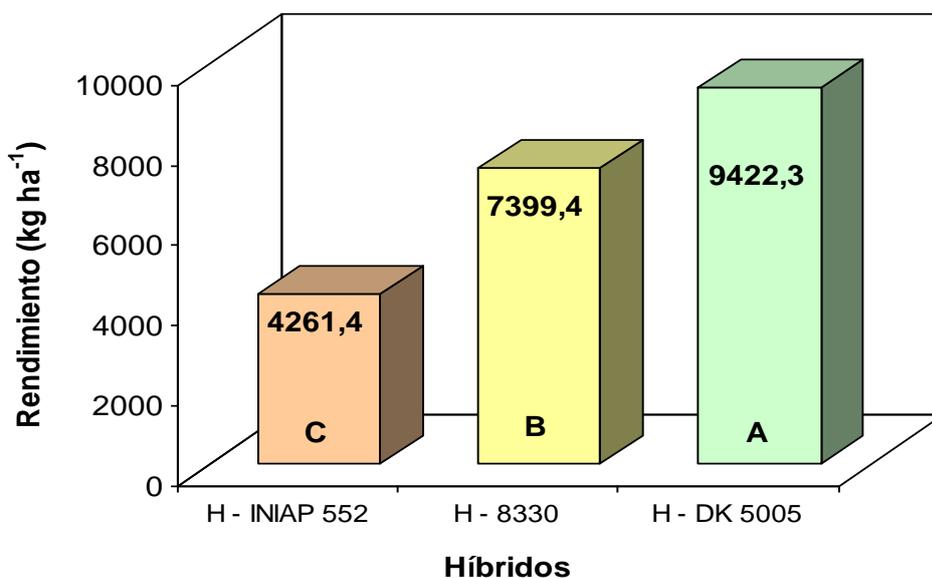


FIGURA 24 Rendimiento promedio de tres híbridos de maíz (kg ha⁻¹)

En cuanto a la dosis que presentó el mayor rendimiento fue la de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio con 7922.3 kg ha⁻¹ de grano seco lo que equivale a 174.30 qq ha⁻¹; además, se observa que cuando se usa doble sulfato de potasio y magnesio se obtienen valores superiores a los 7500 kg ha⁻¹, superando a la dosis con fertilización básica en 468,4 kg ha⁻¹ (10,30 qq ha⁻¹), y al de menor rendimiento que fue el Testigo que presentó 4426,1 kg ha⁻¹ equivalentes a 97,38 qq ha⁻¹. (**Figura 25**).

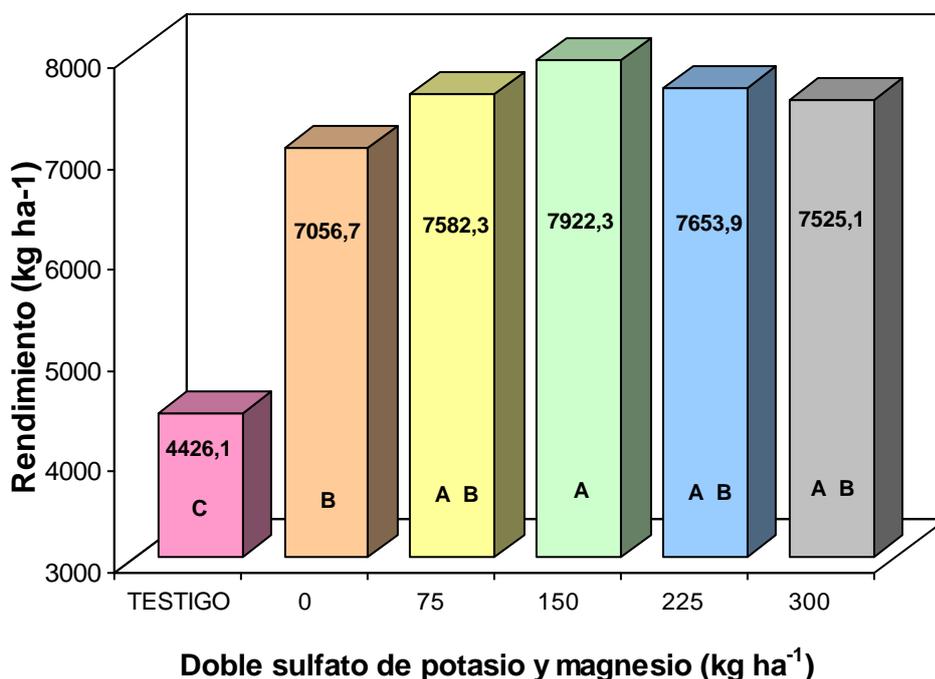


FIGURA 25 Rendimiento promedio, afectado por las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio

En la **Figura 26**, se observa que las interacciones que presentaron el mayor rendimiento fueron entre el híbrido H-DK 5005 y los niveles de doble sulfato de potasio y magnesio (0, 75, 150, 225 y 300 kg ha⁻¹), destacando que con la dosis de 150 kg ha⁻¹ se obtuvo el mayor rendimiento 10731.4 kg ha⁻¹ (236.114 qq ha⁻¹). Lo contrario se encontró en las interacciones con el híbrido H – INIAP 552, que presentaron los rendimientos más bajos, como el testigo que presentó el rendimiento más bajo de la evaluación con 2647,1 kg ha⁻¹. Cabe mencionar que la

diferencia encontrada entre las interacciones que obtuvieron el mayor rendimiento y el de menor rendimiento fue de 8163 kg ha⁻¹ (179,60 qq ha⁻¹) cantidad muy representativa.

Además, las interacciones con 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio, presentaron el mayor rendimiento con cada uno de los híbridos con valores de 10731,4 kg ha⁻¹ (236.11 qq) en el híbrido H-DK 5005; 8190,5 kg ha⁻¹ (180,19 qq ha⁻¹) para el híbrido H-8330 y 4845,2 kg ha⁻¹ (106.60 qq ha⁻¹) en el híbrido H- INIAP 552.

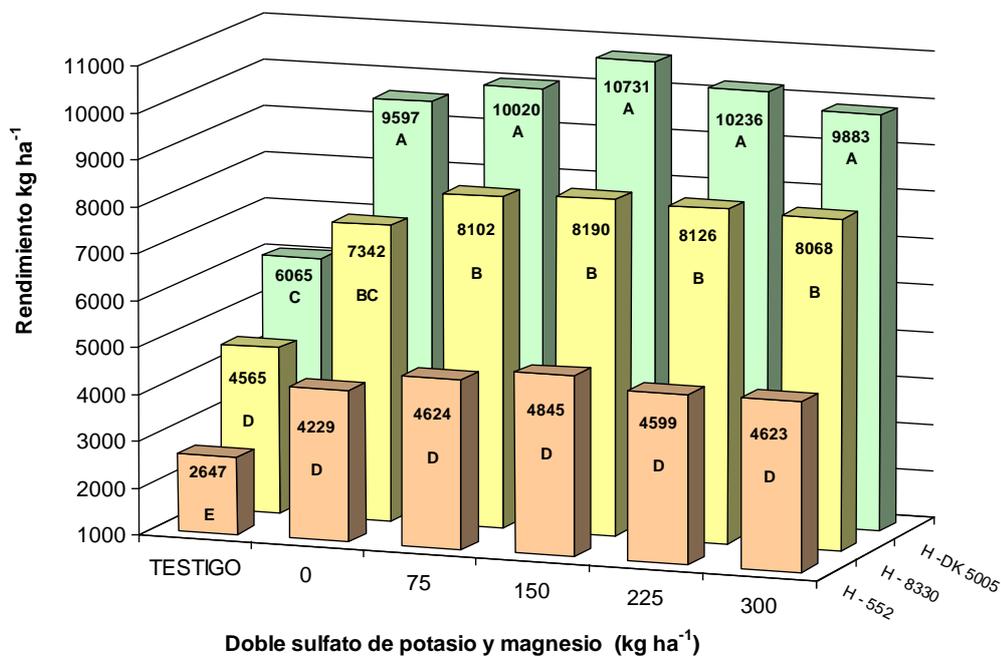


FIGURA 26 Efecto de las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio en el rendimiento de los híbridos H- INIAP 552, H-8330 y H- DK 5005.

Debido a que la variable plantas a la cosecha mostró diferencias estadísticas altamente significativas, se realizó la Covarianza entre esta variable y

el rendimiento observándose que no existe significancia estadística, por lo tanto no es necesario un ajuste de los datos de rendimiento.

C. VARIABLES ADICIONALES

1. Porcentaje de cinta roja

Los resultados de esta variable se observan en la figura 27, donde se encuentra que el híbrido que es más susceptible a este virus resultó el H – INIAP 552 con el 13,7 % mientras que el H–DK 5005 fue el mas tolerante con el 2,6 %.

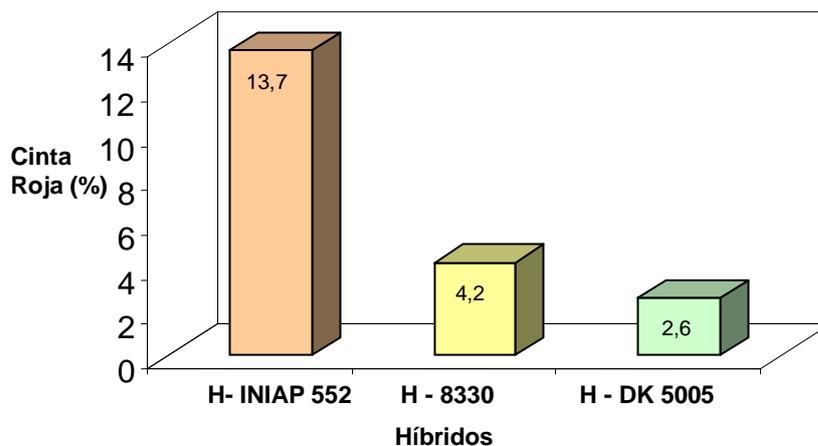


FIGURA 27. Porcentaje promedio de cinta roja de tres híbridos de maíz.

D. ANÁLISIS

1. Regresiones

En las figuras 28, 29 y 30 se presentan las curvas de regresión entre dosis de doble sulfato de potasio y magnesio y el rendimiento para cada híbrido. El

híbrido H-8330 tuvo el mayor coeficiente de regresión con el 76%. Además al analizar cada figura se aprecia claramente que existe una tendencia cuadrática.

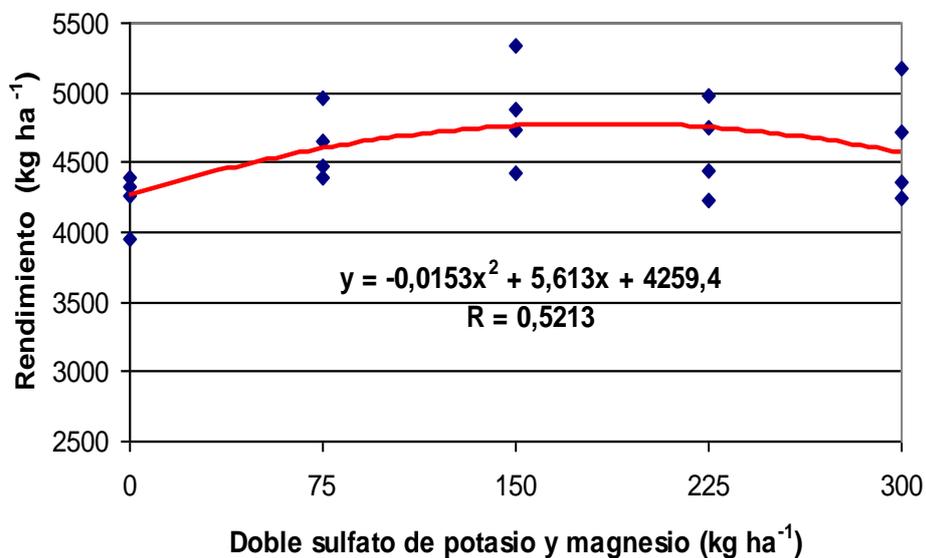


Figura 28 Relación entre el rendimiento y las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio aplicadas en el híbrido de maíz H – INIAP 552.

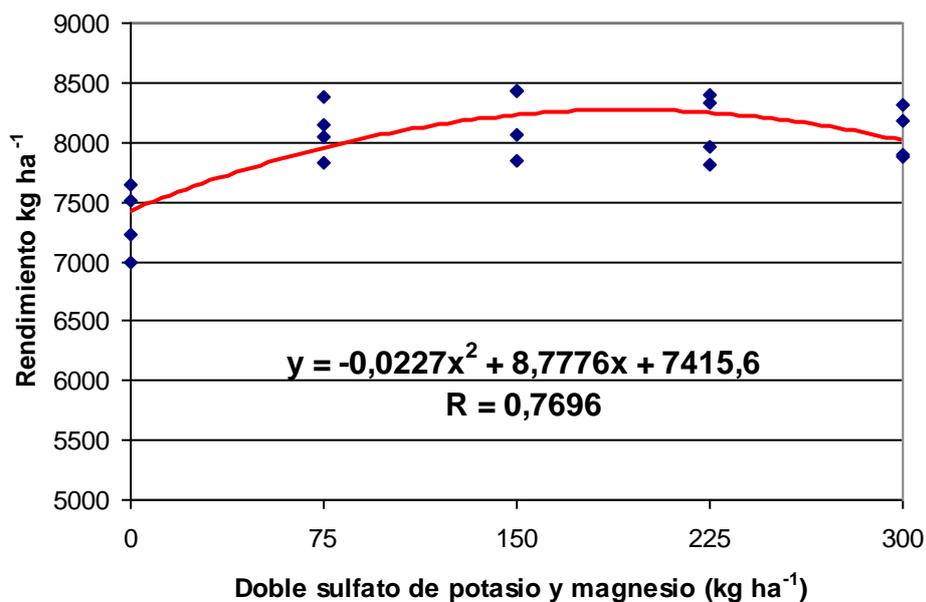


FIGURA 29 Relación entre el rendimiento y las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio aplicadas en el híbrido de maíz H-8330.

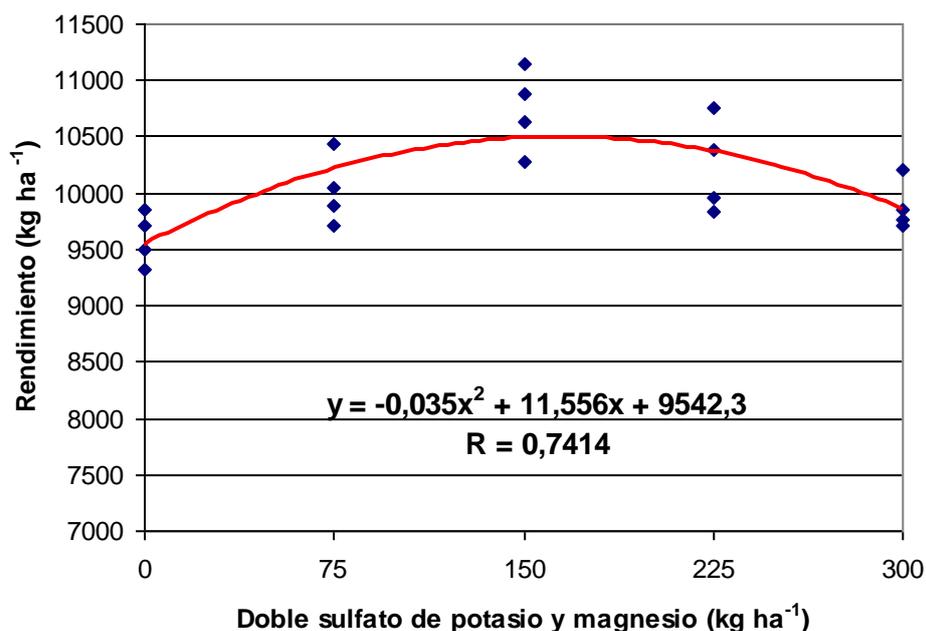


FIGURA 30 Relación entre el rendimiento y las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio aplicadas en el híbrido de maíz H-DK 5005

2. Relación de Cationes.

De acuerdo a los contenidos foliares obtenidos del análisis foliar, se realizó un análisis de cationes en función de las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio, obteniendo los siguientes resultados:

En las figuras 31, 32, 33, se observan las variaciones de los cationes K, Ca y Mg, aquí se observa claramente que los híbridos H- INIAP 552 y H- DK 5005 acumularon mayor cantidad de K, Ca y Mg en sus hojas, a diferencia del híbrido H-8330.

Esta acumulación sería un testimonio de que los cationes K y Mg no se movieron hacia el tallo en los híbridos H-INIAP 552 y H-DK 5005. En cambio en el híbrido H - 8330 los tenores bajos de estos cationes indicarían lo contrario.

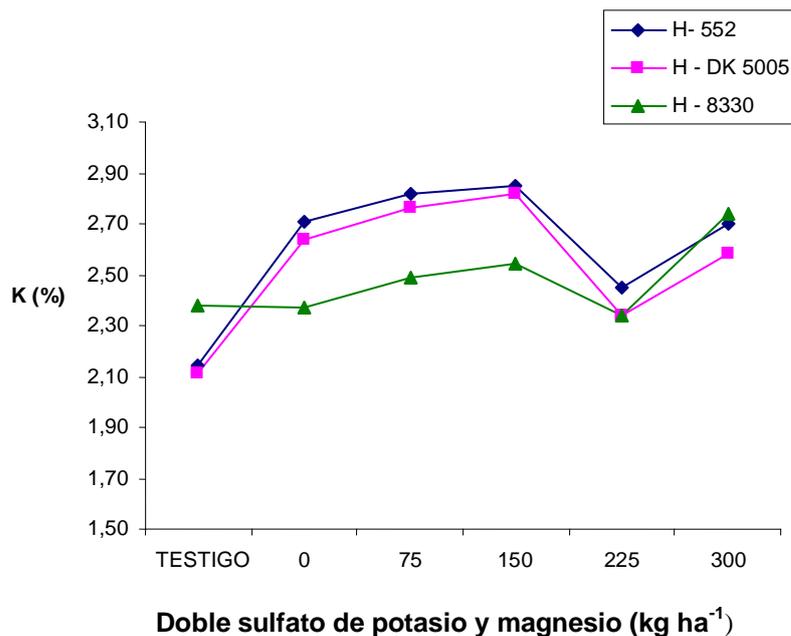


FIGURA 31 Variación de los contenidos foliares del K en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.

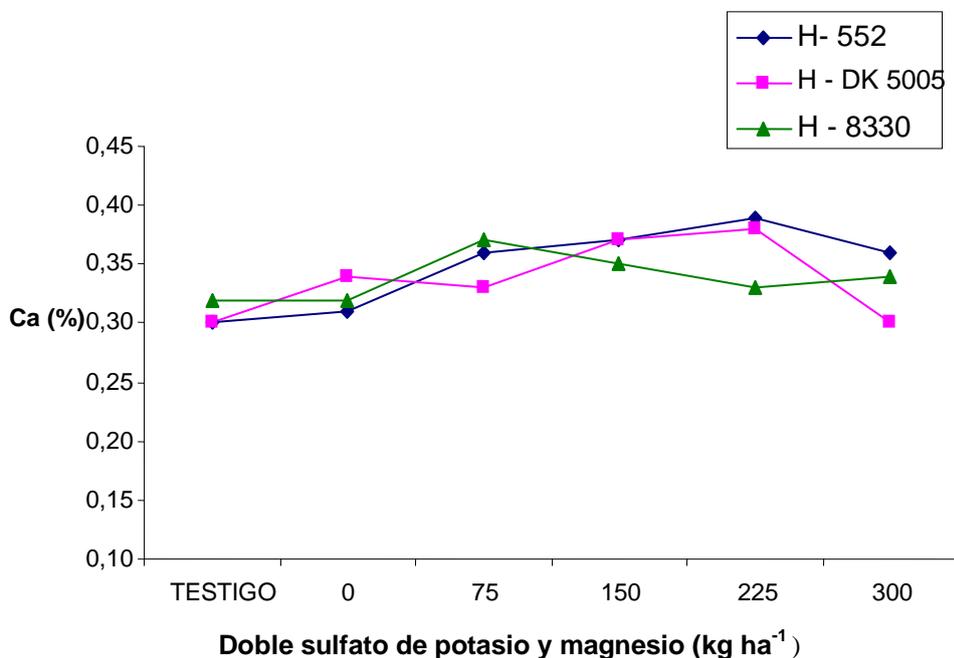


FIGURA 32 Variación de los contenidos foliares del Ca en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.

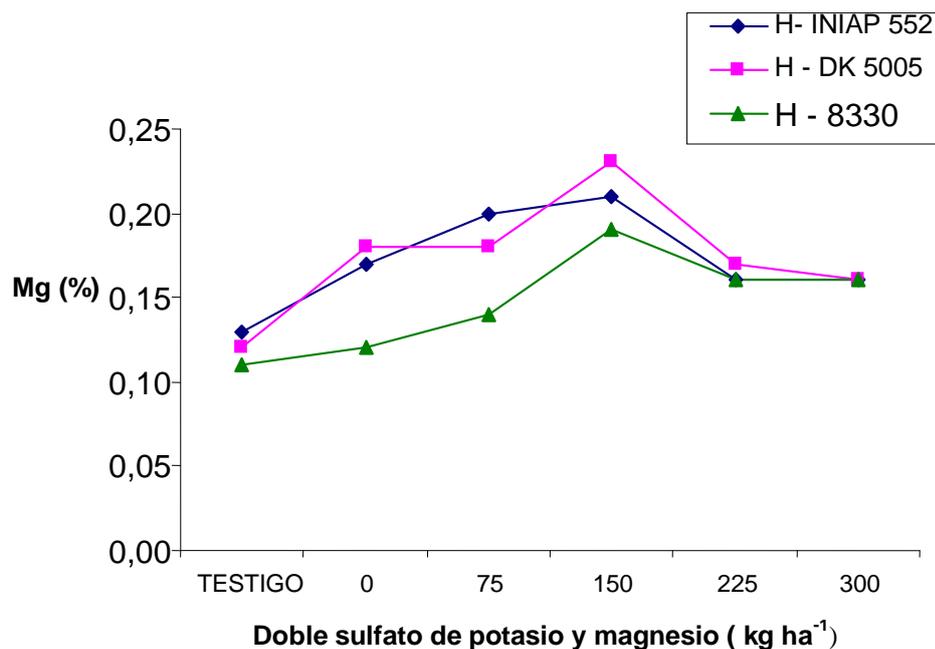


FIGURA 33 Variación de los contenidos foliares del Mg en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.

En cuanto a la relación Ca/Mg, esta tendió a bajar hasta la dosis de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio y luego sufrió un ligero incremento, esta tendencia ocurrió en los tres híbridos evaluados (Figura 34). En cambio las relaciones Ca/K, Mg/K y (Ca + Mg)/K tuvieron una tendencia contraria. (Figura 35, 36, 37)

Esto sugiere que para Ca/Mg, el Mg contenido en las dosis de doble de sulfato de potasio y magnesio mejoró la relación de absorción de Ca; de igual forma en las relaciones Ca/K, Mg/K y Ca+Mg/K el K contenido causó el mismo efecto.

Por lo tanto la aplicación del doble sulfato de potasio y magnesio estarían mejorando los balances de los cationes K, Ca y Mg dentro de la planta.

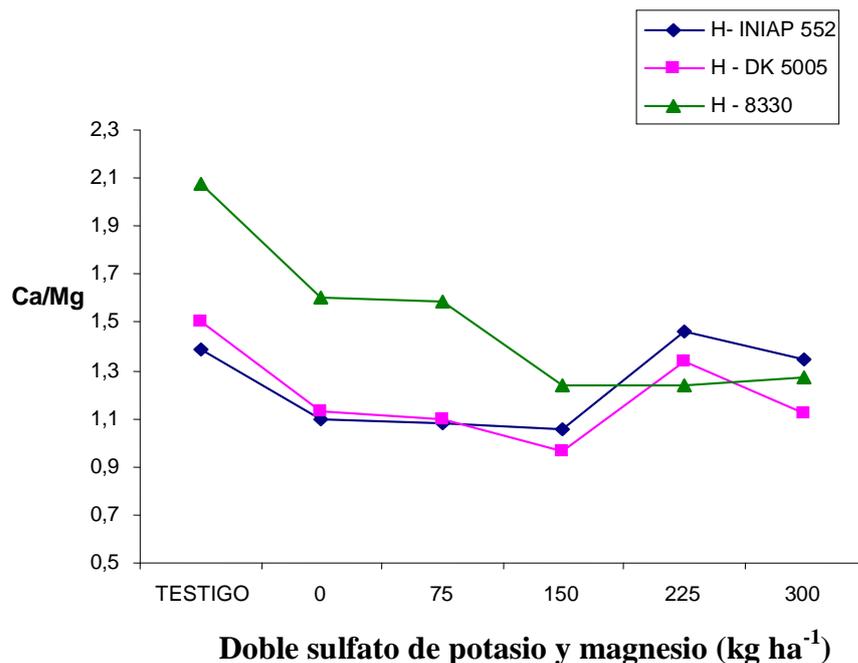


FIGURA 34 Variación de la relación Ca/Mg en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones del doble sulfato de potasio y magnesio.

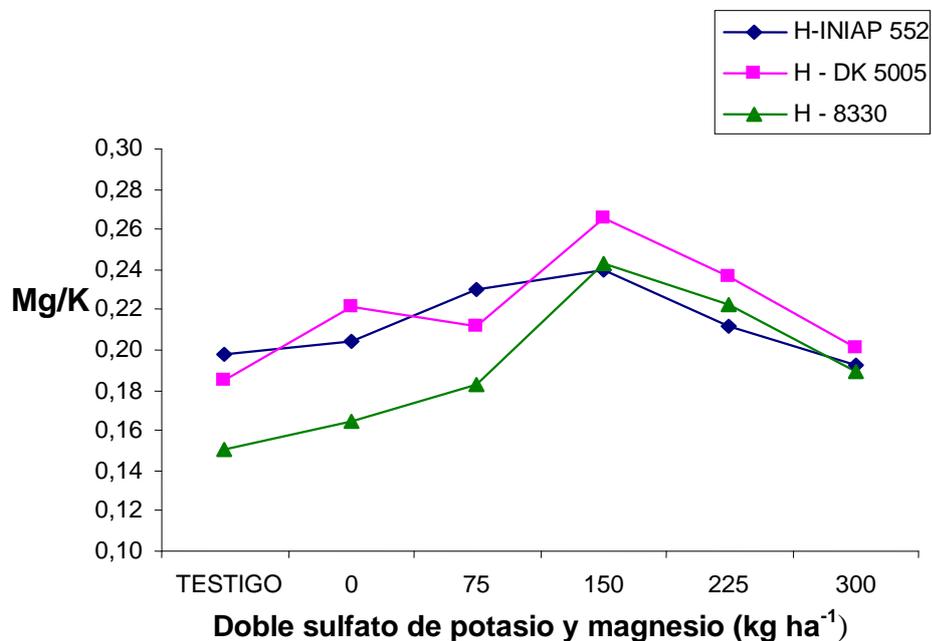


FIGURA 35 Variación de la relación Mg/K en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones de doble sulfato de potasio y magnesio.

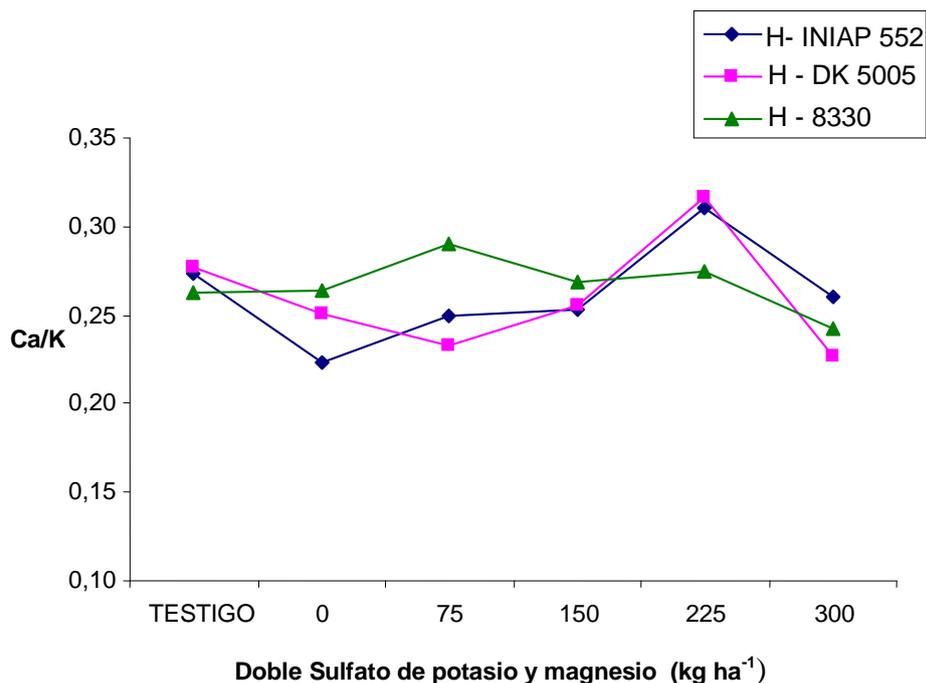


FIGURA 36 Variación de la relación Ca/K en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones del doble sulfato de potasio y magnesio.

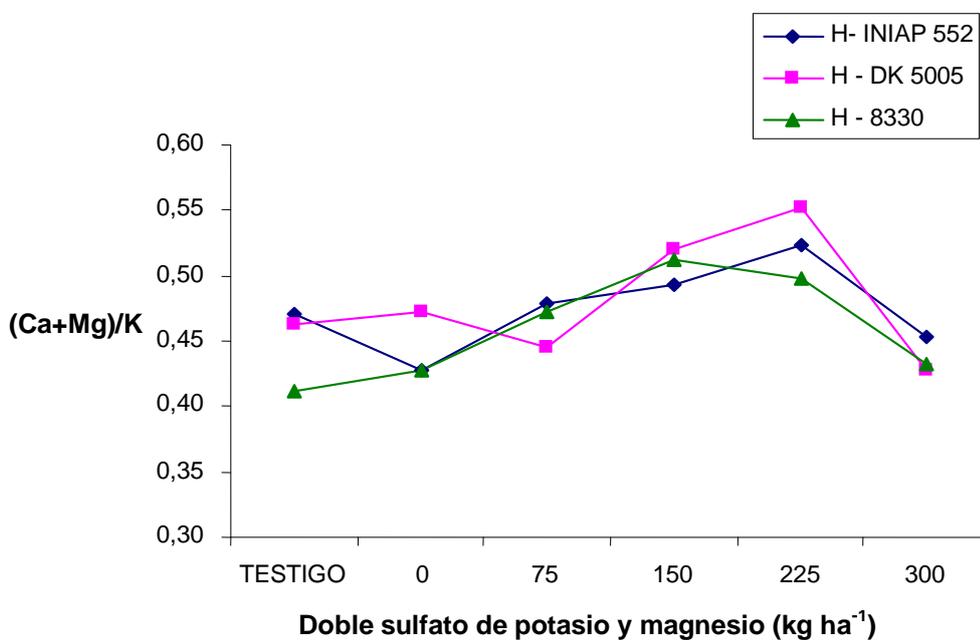


FIGURA 37 Variación de la relación (Ca+Mg)/K en los tres híbridos de maíz evaluados en función de las aplicaciones del doble sulfato de potasio y magnesio.

E. ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

1. Análisis de suelos

El primero se lo realizó en presiembra con el fin de saber las características del suelo y determinar una dosis de fertilización adecuada. (**Anexo 5**)

En el análisis se observa que los niveles de Nitrógeno, Azufre y Magnesio son bajos como la generalidad de los suelos de la zona.

Luego en la etapa final del cultivo a los 118 días después de la siembra, por cada tratamiento se realizó un análisis de suelo.

En los resultados se observó que los niveles de N a pesar de seguir siendo bajos muestran un incremento, al igual que el magnesio, pero no así el azufre que mantiene sus niveles bajos. (**Anexo 6, 7, 8**).

2. Análisis Foliar

En la época de floración se realizó un análisis foliar por cada interacción, se lo hizo en esta etapa ya que según la literatura es cuando la planta de maíz presenta la mayor acumulación de nutrientes en su área foliar. (**Anexo 9, 10, 11**)

El nitrógeno presente en las hojas de cada híbrido en estudio se encontró dentro de los rangos aceptables de 2,2 a 3,5 como se señala en la literatura, a excepción de el testigo en cada uno de los híbridos estudiados.

Esa misma tendencia se observó en el fósforo, es decir los testigos en cada uno de los híbridos son los únicos que presentan valores bajos. El K se encontró con valores adecuados en todos los tratamientos.

El magnesio se presentó con ciertas particularidades, en cada uno de los híbridos al aumentar la dosis de doble sulfato de potasio y magnesio hasta 150 kg ha⁻¹ los niveles en las hojas se incrementaron pero con mayores cantidades empezaron a disminuir.

El azufre en cambio presentó distinto comportamiento para cada híbrido, en el H-INIAP 552 a medida que se elevó las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio los niveles presentes en la planta aumentaron, en el H-DK 5005 la tendencia fue mantenerse y en el H-8330 los niveles aumentaron hasta la dosis de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio y a medida que se incrementó esta dosis, los niveles en la planta disminuyeron.

3. Calicata

En el **Cuadro 13**, se muestra la profundidad del suelo hasta los 160 cm., en la que se encontraron 4 capas, la más superficial presentó una profundidad de 22 cm.

CUADRO 13 Profundidad del suelo de la Hda. Cueva de Lobo- San Carlos.

	Profundidad (cm).
Capa 1	0 - 22
Capa 2	22 - 51
Capa 3	51 - 90
Capa 4	90 - 160

Para determinar el color del suelo se utilizó el método del código de Munsell (Cuadro 14).

CUADRO 14 Determinación del color del suelo de la Hda. Cueva de Lobo-San Carlos según el Código de Munsell.

	Código Munsell		
Capa 1	10 YR	2/2	Muy café oscuro
Capa 2	10 YR	2/2	Muy café oscuro
Capa 3	10 YR	3/2	Muy café oscuro grisáceo
Capa 4	5 YR	4/6	Rojo amarillento

Además, de forma visual se determinaron las siguientes características del suelo:

Pendiente: Ondulada

Erosión: Moderada, erosión laminar

Profundidad efectiva: Poco profundo

CUADRO 15 Determinación de textura del suelo de la Hda. Cueva de Lobo- San Carlos

	Tipo	Observaciones	
Capa 1	Moderadamente fina	No presencia de piedras	
Capa 2	Media	No presencia de piedras	
Capa 3	Fina	No presencia de piedras	Concrecencias de Fe
Capa 4	Muy fina	No presencia de piedras	Concrecencias de Mn

CUADRO 16 Determinación del tipo de consistencia del suelo de la Hda. Cueva de Lobo – San Carlos

	Tipo
Capa 1	Friable pero compactado
Capa 2	Muy friable
Capa 3	Plástica dura
Capa 4	Plástica muy dura

CUADRO 17 Determinación de la Actividad biológica del suelo de la Hda. Cueva del Lobo – San Carlos

	Actividad biológica
Capa 1	Mucha actividad biológica, abundantes raicillas
Capa 2	Mucha actividad biológica, abundantes raicillas
Capa 3	Poca actividad biológica
Capa 4	No actividad biológica

CUADRO 18 Determinación de la Porosidad del suelo de la Hda. Cueva del Lobo – San Carlos.

	Porosidad
Capa 1	Mucha macro y micro porosidad
Capa 2	Mucha macro y micro porosidad
Capa 3	Mas macro porosidad
Capa 4	Masiva

CUADRO 19 Capacidad de drenaje del suelo de la Hda. Cueva de Lobo – San Carlos

	Drenaje
Capa 1	Buen drenaje interno
Capa 2	Buen drenaje interno
Capa 3	Mal drenaje interno
Capa 4	Mal drenaje interno

Mediante el método de los cilindros, a nivel de laboratorio se determinó la densidad del suelo a diferentes profundidades, estimando que cuando el valor sea superior a $0,88 \text{ g/cm}^3$ se considerara como compactado. (**Cuadro 20**).

CUADRO 20 Determinación de densidad del suelo de la Hda. Cueva del Lobo – San Carlos, mediante el método del cilindro.

Profundidad (cm)	Densidad (g cm³)
0 – 10	1.37
10 – 20	1.33
20 – 30	1.29
30 – 40	1.02
40 – 50	1.46
50 – 60	1.35
70 – 80	1.63

A cada capa de la calicata se le realizó un análisis de suelo y se observó que el nitrógeno, potasio, fósforo y calcio, a medida que la profundidad aumentó, la disponibilidad en el suelo disminuía, mientras que en el Mg y S ocurrió lo contrario a medida que la profundidad aumentó la disponibilidad también aumentaba. (**Anexo 12**).

F. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se realizó una estimación del análisis del presupuesto parcial de cada una de las interacciones de los tratamientos que se estudiaron. En dicho análisis se consideraron: el rendimiento promedio, beneficio bruto, los costos variables y el beneficio neto. El mayor beneficio neto lo mostró la interacción entre el híbrido H – DK 5005 y la dosis de 150 kg ha⁻¹ de Doble sulfato de potasio y magnesio con el cual se alcanzó 989,2 dólares y el menor beneficio neto lo presentó el tratamiento testigo del híbrido H– INIAP 552 con 277,2 dólares. (**Anexo 13**)

El rendimiento bruto fue calculado, ajustando el rendimiento al 10%, tal y como lo sugiere el **Perrin R. et al, (1979)** y el precio del maíz se consideró en 7.00 USD, pues ese era el precio en el mercado al momento de la cosecha.

Además, los tratamientos fueron ordenados de menor a mayor de acuerdo a al costo variable de cada uno de ellos, para poder realizar el análisis de dominancia, en el que resultaron no dominados ocho tratamientos. (**Anexo 14**)

En el **Cuadro 23** se presentan las tasas de retorno marginal de los tratamientos no dominados, el tratamiento entre el híbrido DK 5005 y la dosis de 0 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio presentó la mayor tasa de retorno marginal con 638,9%, al incrementarse la dosis a 75 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio la tasa de retorno marginal fue de 150,7 % y con la dosis de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio la tasa fue de 232,8 %. Estos valores se encuentran por encima de 100%, que es la tasa considerada como adecuada al momento de realizar una recomendación.

Esto significa que en el tratamiento H – DK 5005 y 0 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio con una tasa de retorno de 638,9% por cada dólar que se invierte se obtiene 6,38 dólares, y al aumentar la dosis a 75 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio por cada dólar que se invierte en relación al anterior tratamiento se obtiene 1,5 dólares, y con una dosis de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio por cada dólar que se invierte en relación a este último se obtendrá 2,3 dólares. Con lo cual se está demostrando que la adición del doble sulfato de potasio y magnesio es económicamente viable.

Cuadro 23 Análisis marginal de tratamientos no dominados para la determinación de la Tasa de retorno marginal.

Híbrido	Doble sulfato de potasio y magnesio kg ha ⁻¹	Costos Variables \$	Beneficio Neto \$	Incremento en costo variable \$	Incremento en beneficio neto \$	Tasa de Retorno Marginal (%)
INIAP 552	Testigo	89,677	277,211			
H-8330	Testigo	183,62	449,21	93,9461	172	183,083
H- DK 5005	Testigo	226,01	614,628	42,3849	165,418	390,276
H-8330	0	386,44	631,255	160,435	16,6265	10,3634
H-8330	75	417,11	705,902	30,6617	74,6466	243,452
H- DK 5005	0	445,14	885,055	28,0398	179,153	638,924
H- DK 5005	75	468,53	920,296	23,3868	35,241	150,688
H- DK 5005	150	498,14	989,233	29,6076	68,937	232,835

V. DISCUSIÓN

A. HÍBRIDOS

El comportamiento de los híbridos depende en su gran mayoría del potencial genético, pero también del grado de manejo tecnológico que se de al cultivo y del clima de la región en que se desenvuelven (**Arias, 2002**). El híbrido H-DK 5005 presentó cierta superioridad sobre los otros híbridos H- INIAP 552 y H-8330 en variables como diámetro del tallo, altura a la inserción de la mazorca, altura de planta, porcentaje de mazorcas sanas, longitud de mazorcas, peso de mazorca y sobre todo en el rendimiento. Esta superioridad quizás se deba principalmente a su potencial genético.

Entre los problemas que se detectaron al híbrido H-DK 5005 es el porcentaje de humedad a la cosecha (120 días) que fue del 30%, esta variable se puede asociar con la variable días a la floración ya que el mismo híbrido tuvo algunos días de diferencia con los híbridos H- INIAP 552 y H-8330 en dicha variable, esto hace suponer que para este híbrido el tiempo de cosecha sería 125 días con lo que el porcentaje de humedad disminuiría, tal como lo expresa **Granados G.; (2001)** que señala que el maíz raramente es cosechado en el momento de la madurez fisiológica porque en este momento los granos tienen un contenido muy alto de humedad (30-35%) y sería antieconómico reducir artificialmente este contenido de humedad a niveles aceptables del 10-13% para su almacenamiento. Por lo tanto, la cosecha normalmente se demora hasta que la humedad del grano ha llegado a 20-25%.

Las diferencias marcadas entre los híbridos H- DK 5005 y H-8330 sobre el híbrido H- INIAP 552 en todas las variables en estudio a pesar de haber recibido el mismo manejo tecnológico y tener el mismo clima hace pensar que dichas diferencias son de material genético, esto concuerda con lo manifestado por **Cabrera S, Pérez A. y Morillo F. (1997)**, que en su investigación con otros tres híbridos encontraron diferencias marcadas en las variables estudiadas especialmente rendimiento y concluyeron que se debe a la variabilidad en su potencial genético.

Además, debido a la presencia de la enfermedad de Cinta roja (complejo de virus, micoplasma y espiroplasma) en la región donde se llevo a cabo la investigación, se creyó necesario determinar el porcentaje de susceptibilidad que tenían cada uno de los híbridos evaluados, encontrando que el híbrido H-INIAP 552 presentó el mayor porcentaje de susceptibilidad a este virus, lo que sumado a los resultados anteriores lo muestran como el híbrido de menor calidad, en cambio los híbridos H-DK 5005 y H-8330, presentaron muy bajo porcentaje de cinta roja, que sumado a los resultados anteriores los muestra como una alternativa para los agricultores de esta zona.

B. DOSIS

Con los resultados obtenidos en la evaluación es imposible negar que las dosis con doble sulfato de potasio y magnesio superaron por amplio margen a la dosis testigo y por un margen considerable a la dosis con fertilización a base de

nitrógeno y fósforo, es así que en variables como altura de inserción de mazorca, altura de planta, porcentaje de mazorcas mal polinizadas, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, peso de mazorcas, granos por mazorca y rendimiento se encontró claramente que la adición de doble sulfato de potasio y magnesio mejora el desempeño de los híbridos. Esto concuerda con lo manifestado por **(Melgar, 1998)** quien manifiestan que se han presentado numerosas evidencias de aumento en la producción de maíz debido a la presencia de azufre y magnesio en el balance nutricional del cultivo, y además dichas evidencias están basadas en la ley de Leibig o del mínimo, que manifiesta que el rendimiento máximo de un cultivo depende de él o los elementos mas limitantes de acuerdo a las necesidades del cultivo. **(Beaufils citado por Garcia; 2002)**

La mayoría de variables estudiadas y en especial el rendimiento se vieron beneficiadas por la adición de doble sulfato de potasio y magnesio, se obtuvieron valores hasta los 10731 kg ha⁻¹ en el H- DK 5005, 8190 kg ha⁻¹ en el H-8330 y 4845 kg ha⁻¹ en el H – INIAP 552, estos valores superaron a la dosis con fertilización a base de nitrógeno - fósforo y mucho más a la testigo, con lo que se determinó que la sola adición de doble sulfato de potasio y magnesio incrementará de manera significativa el rendimiento, esto concuerda con lo manifestado por **(IMC GLOBAL Inc., 2003)** que señala que la adición de este compuesto mejorara el rendimiento y la calidad del cultivo de maíz.

A pesar de que las dosis con doble sulfato de potasio y magnesio obtuvieron los mayores rendimientos y demostraron el mejor desempeño en el cultivo, estas mostraron niveles bajos de N, Mg y S en los análisis foliares, en N

el valor promedio es de 2,5 %, que según **Ramírez, 1981** se encuentra dentro de los parámetros normales que van desde 2,3 hasta 3,5 %, en Mg el valor promedio es de 0,18 % que según el mismo autor es un valor normal aunque no óptimo, para el azufre un promedio de 0,16% en el H- INIAP 552, 0,11% en el H- DK 5005 y 0,14% en el H - 8330, esto no concuerda con **Summers, s.f.** el cual manifiesta que para el magnesio los valores deficientes son aquellos menores de 0,12% y para el azufre menores a 0,10% en el cultivo de maíz con lo que se podría decir que con las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio se cubrieron las necesidades de estos elementos.

Además según **Goldsworthy (1984)** y **Ramírez (1981)** los niveles bajos de N, K u otro elemento tienen su explicación en la naturaleza del material genético parental, que puede ser considerado como bajos acumuladores de estos elementos.

Por otro lado, la variable rendimiento que es en la que se reflejan la mayoría de variables evaluadas, mostró que a medida que las dosis de doble sulfato de potasio y magnesio superaban los 150 kg ha⁻¹ los rendimientos empezaban a bajar, aunque estas diferencias según la prueba de Tukey al 5% no fueron significativas es un dato a tener en cuenta ya que al parecer no sería recomendable colocar mas de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio, esto estaría relacionado con la ley de los incrementos decrecientes. (**Beaufils citado por García; 2002**).

C. INTERACCIÓN (HÍBRIDOS X DOSIS)

Las interacciones que ocuparon el rango de mayor rendimiento fueron las que poseían características similares; es decir, que eran pertenecientes al híbrido H-DK 5005 y que en su dosis de fertilización contenían doble sulfato de potasio y magnesio; pero cabe destacar, que la interacción entre el híbrido H-DK 5005 y la dosis de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio presentó 495.2 kg. de grano por encima de la interacción entre el híbrido H-DK 5005 y la dosis de 225 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio, esto ultimo concuerda con lo discutido anteriormente, que tal vez no sea recomendable elevar mas los niveles de doble sulfato de potasio y magnesio.

Además, para confirmar lo antes mencionado, se observó que la dosis de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio fue la de mejor respuesta en cada uno de los híbridos, presentando los rendimientos mas elevados. Esta afirmación se podría basar en la ley de Mitscherlich o de los incrementos decrecientes, misma que se fundamenta en que el rendimiento puede incrementarse por efecto de cada uno de los factores, siempre y cuando no estén presentes en sus niveles subóptimos o mínimos. **((Beaufils citado por García; 2002).**

Según el análisis marginal la interacción entre el híbrido DK 5005 y la dosis de 0 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio presentó la mayor tasa de retorno marginal con 638,9% al incrementarse la dosis a 75 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio la tasa de retorno marginal fue de 150,7 % y con la

dosis de 150 kg ha^{-1} de doble sulfato de potasio y magnesio la tasa fue de 232,8 %. con estos datos superiores al 100% que según **Perrin R. et al, 1979**, es la tasa suficiente para garantizar una recomendación este ultimo tratamiento sería el recomendado y su utilización dependerá del poder de inversión de los agricultores.

Los rendimientos máximos presentados por los híbridos H – 8330 y H – DK 5005 de 8190 y 10731 kg ha^{-1} con la dosis de 150 kg ha^{-1} de doble sulfato de potasio y magnesio demuestran que la adición de este compuesto es la causante de estas repuestas ya que al compararlos con los valores de rendimiento potencial expresados por **PRONACA** y **AGRIPAC (2003)** de $7999.2 \text{ kg ha}^{-1}$ y 9000 kg ha^{-1} estos los superan. Una respuesta contraria se observa en el híbrido H- INIAP 552 que en su rendimiento máximo con la dosis de 150 kg ha^{-1} de doble sulfato de potasio y magnesio alcanzó los 4845 kg ha^{-1} valor que es inferior al rendimiento potencial expresado por **Crespo, Valdivieso y Villavicencio (2003)**, que es de 7541 kg ha^{-1} .

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos en esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El híbrido de maíz H-DK 5005 es el que presenta los mejores rendimientos de grano con el 13% de humedad y por lo tanto sería actualmente el material recomendado para siembra en la Zona Central del Litoral ecuatoriano (San Carlos - Quevedo).
2. La adición de doble sulfato de potasio y magnesio mejora los niveles de desempeño agronómico y productivo del cultivo de maíz, que se obtienen con una fertilización básica (N, P y K).
3. La adición de más de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio no eleva los rendimientos del cultivo de maíz, en la zona de San Carlos – Quevedo.
4. La dosis de 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio mostró el mayor rendimiento en cada uno de los híbridos evaluados.

5. El análisis marginal permitió establecer para el H-8330 una Tasa de retorno marginal de 243 % cuando se usa 75 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio. Mientras que, para el H-DK 5005 fue de 151 y 232 % con las dosis de 75 y 150 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio, en relación a la de dosis de 0 kg ha⁻¹ de doble sulfato de potasio y magnesio en cada uno de estos dos híbridos. Con lo cual se demostró que la adición de este producto es económicamente viable en el cultivo del maíz.

B. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones pueden hacerse las siguientes recomendaciones:

1. Realizar trabajos de campo que permitan conocer el desempeño de estos híbridos en otras condiciones climáticas, diferente densidad de plantas, topografía, etc., que se presentan en otras Zonas del Litoral ecuatoriano y así saber donde y que tecnología usar.
2. Realizar estudios en los que los análisis foliares en la planta de maíz se los haga antes y después de la floración con el fin de obtener datos más precisos de que porcentaje de nutrientes fue absorbido por la planta, ya que la literatura no especifica la edad exacta de realización de esta labor.

3. Evaluar el porcentaje de humedad del grano en el híbrido H- DK 5005, con más de 120 días a la cosecha, y así poder conocer en que momento este material esta listo para la cosecha.
4. Considerar la labranza cero o siembra directa como una alternativa para mejorar y proteger la degradación de los suelos de la zona central del litoral ecuatoriano y en el país en general.
5. Utilizar el doble sulfato de potasio y magnesio hasta 150 kg ha^{-1} , que fue la dosis con mejor rendimiento en la investigación.
6. Mejorar los procesos de selección de los híbridos de maíz ecuatorianos, ya que el híbrido H- INIAP 552 se vió superado ampliamente por los dos híbridos extranjeros H-DK 5005 y H – 8330, con esto mejoraríamos los ingresos de los agricultores ya que es una semilla económica.

IX. LITERATURA CITADA

1. III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO. 2004. Resultados Nacionales, Ecuador Consultado el 20 de diciembre 2004. Disponible en <http://www.sica.gov.ec/censo/index.htm>
2. AGRIPAC. 2003. Boletín. Ventajas del híbrido: Maíz híbrido Vencedor 8330. Quito – Ecuador. 4p.
3. AMORES, F.; MITE F.; CARRILLO M.; 1995. Manejo de la Fertilización en Maíz Duro. Manual técnico N° 28. EET Pichilingue. Quevedo – Ecuador p. 1-22.
4. ANÓNIMO. 2001. La siembra directa es considerada como una revolución tecnológica. (en línea) Consultado 28 de agosto del 2005. Disponible en <http://www.diariovanguardia.com/rural/>.
5. ARIAS, C., 2002, Evaluación del comportamiento de diez híbridos de maíz (*Zea mays L.*) en la zona de Ventanas, durante la época lluviosa. Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. p. 4- 25.
6. BIBLIOTECA PRÁCTICA DE AGRICULTURA Y GANADERIA, 1984. Practicas de los cultivos. Maíz. Tomo II. Barcelona – España. 1ra. Ed. Océano. p. 43 – 48
7. CAAMAÑO, A. y R. MELGAR, 1998. Fertilización con nitrógeno, fósforo y Azufre en maíz de alta productividad, Est. Exp. Ag. Pergamino Rev. Tecnología Agropecuaria VII N° 5 p. 11 – 14. Consultado el 13 Agosto de 2004. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com>

8. CABRERA S., PEREZ A., MORILLO F. 1997. Evaluación del rendimiento de cultivares de maíz bajo tres densidades de siembra. Centro de investigaciones Agropecuarias del Estado de Portuguesa (CIAEP). Revista Investigación Agrícola. Volumen 2, Estado de Portuguesa. Venezuela. p 5-8
9. CAICEDO, G. 1997. Labranza reducida y Labranza cero en el cultivo de soja del Piedemonte Llanero. Villavicencio-Meta, CO. Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias, SENA. 8 p.
10. CIMMYT, 1985. Introducción al análisis Económico de experimentos en fincas programa de Economías D, F. México. P. 103
11. CRESPO, S.; VALDIVIESO C. y VILLAVICENCIO P.; 2003. Nuevo Híbrido de Maíz amarillo cristalino para la zona central del litoral. Boletín divulgativo N° 294. EET Pichilingue. Quevedo Ecuador p.1-6.
12. DARWICH, N. 1998. ¿Labranza Convencional o Siembra Directa? In Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. Mar del Plata, AR. p. 157 – 166.
13. DERPSCH, R. 1991. Control de erosão. Sistema de cobertura de suelo, plantio directo e preparo conservacionista do solo. Paraná, BR. GTZ. 245 p.
14. ———, R. 1999. Expansión Mundial de la siembra directa y avances tecnológicos. In Congreso Nacional de AAPRESID. (7, 1999, Mar del Plata, AR). Conferencias y Disertaciones. Mar del Plata, AR, INTA/ AAPRESID. p. 79 – 97

15. DEVLIN R. Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.1979.
16. GABELA, F. 1982. El control de malezas en los sistemas de labranza reducida. Curso teórico práctico de control de malezas. Quito, Ecuador. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, p. 1 - 8.
17. GAMBAUDO, S.; 1998. La fertilización en siembra directa. Información técnica N° 219. INTA. EEA Rafaela. Buenos Aires, Argentina p.1-25
18. GALANTINI, J., LANDRISCINI M., y FERNANDEZ R. 1999. Materia Orgánica y Nutrientes en Suelos. Relación con la textura y los sistemas de producción. CONICET. Bahía blanca – Argentina. p. 23 – 41.
19. GARCÍA, S. 2002. Establecimiento de normas DRIS y diagnóstico nutricional para el cultivo de papa en Coahuila y Nuevo León. Campo Experimental Saltillo INIFAP. Saltillo – Mexico p. 1-14.
20. GOLDSWORTHY, P.R. 1984. Crop growth and development: the reproductive phase. *In* P.R. Goldsworthy & N.M. Fisher, The physiology of tropical field crops. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons p. 163-212 Traducción español. Consultado el 28 de octubre. Disponible en <http://www.fao.org>
21. GRANADOS G. 2001. El Maíz en los Trópicos, Mejoramiento y producción 3 Art. Roma, Italia. Consultado el 10 de marzo. 2005. Disponible en la dirección. <http://www.fao.org>
22. INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, 2000) Estación

Experimental Tropical Pichilingue. Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas..Quevedo, EC. 65 p.

23. _____(INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECURIAS). 1992. Clima, suelos, nutrición y fertilización de cultivos en el litoral ecuatoriano. Manual Técnico N° 26. Quito – Ecuador. p. 19-20
24. IMC Global INC. 2003, SUL-PO-MAG, Consultado el 15 de septiembre del 2005. Disponible en <http://www.sul-po-mag.com>
25. INPOFOS 1997. Manual Internacional de Fertilidad y Suelos. Quito, EC. Instituto de la potasa y el fósforo. p. 3- 30
26. JUANAZO C. 1999. *Maíz*: Respuesta a diferentes niveles de fertilización de N-P-K. Granja Experimental CEDEGE, Guayas – Ecuador. 15 p.
27. LANDERS, J. 1994 Fascículo de Experiencias de Plantío Direto no cerrado (Lago Azul, Brasil) Asociacáo de Plantío Direto no Cerrado. Consultado el 15 de agosto del 2005. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com>.
28. LATTANZI, A. 1998. La siembra directa y agricultura sustentable. In Panigatti, J, et al Siembra Directa. AR, Hemisferio Sur. p. 29 – 33.
29. LEIVA, F; GUERRERO, L. 1998. La labranza de conservación en el desarrollo de agricultura sostenible. In Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. (9, 1998, Paipa, CO). Resúmenes. Paipa, CO, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p. 69

30. LORENZATTI, S.; 1999. El cultivo del maíz en siembra directa. Sección. Buenos Aires, Argentina. Consultado 16 agosto de 2004. Disponible en <http://www.agroconnection.com.ar>
31. MELARA, W; RIO, L DEL. 1994. Uso de labranza mínima y leguminosas de cobertura en Honduras. In Thurston, H. et al. Los sistemas de siembra con cobertura. Turrialba, CR, CATIE, CIFAD. p. 57 – 62
32. MELGAR R., 1998. Manejo de la Fertilización en Maíz, Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino- Argentina. Consultado el 17 Agosto. 2004. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com>
33. MENDOZA J. 1992. El Barrenador del tallo del maíz *Diatraea spp.* y su control. Boletín divulgativo N° 238. EET Pichilingue. Quevedo – Ecuador. p. 1-8
34. PALIWAL R. L.; 2001. El Maíz en los Trópicos, Mejoramiento y producción 3 Art. Roma, Italia. Consultado el 16 Agosto. 2004. Disponible en la dirección. <http://www.fao.org>
35. PEARSON, C.J. & HALL, A.J. 1984. Maize and pearl millet. In C.J. Pearson, ed. Control of crop productivity. New York, NY, USA. Traducción español. p. 141-158
36. PERRIN. K. R.; WINKELMANN D; MOSCARDI E; ANDERSON J. 1979. Formulación de Recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económico. México. Limusa. CIMMYT. Vol. 2. p. 400 - 420
37. PROCESADORA NACIONAL DE AVES C.A. (PRONACA). 1988. Manual para el cultivo del maíz en el litoral ecuatoriano. Dekalb. Quito - Ecuador. 21p.

38. PROCESADORA NACIONAL DE AVES C.A. (PRONACA). 2003. Manual del híbrido de maíz amarillo Dekalb Dk – 5005. Quito, Ecuador. 6 p.
39. RAMÍREZ R.; 1981. Nutrición del maíz en Venezuela. Valores Standard y adecuados de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio para interpretación de análisis foliar en maíz. FONAIAP, Centro Nacional de investigaciones Agropecuarias. Maracay 2001. Venezuela. p. 7
40. SUMMERS P.; s.f. Importancia del magnesio y el Azufre en una fertilización equilibrada. México, 2000. http://www.fertiberia.com/informacion_fertilización/artículos/nutrientes/fertilizantes.pdf
41. TRUCO, V. 1999. Expansión de la siembra directa y avances tecnológicos. In Congreso Nacional de AAPRESID. (7^{mo}, Mar del Plata, AR, 1999). Tomo I. p. 78 – 84.
42. VENTIMIGLIA L., Carta H., Rillo S. 2000. Azufre: Un Caballo sin Domar. INTA 9 de Julio, Buenos Aires – Argentina. p. 1 -32
43. VIOLIC, A. 1989. Labranza convencional y labranza de conservación: Definición de conceptos. In Barreto, H. et al. Labranza de Conservación en Maíz. El Batán, MX. CIMMYT – PROCIANDINO. p. 5 – 11
44. ———, A; TASISTRO, A. 1989. Experimentación sobre labranza cero en la Región Costera del Norte de Veracruz. In Selección de herbicidas para el cultivo de maíz en el sistema de labranza de conservación. Simposium sobre cultivos múltiples de la Asociación Latinoamérica de Ciencias Agrícolas. (1^{er}, Chapingo, México, 1989). p 1 - 10