

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Usos de las zeolitas naturales del bloque tecnológico
experimental de la zeolita (BTEZ) de la ESPOL y su efecto en el
rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.)”

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Presentada por:

María Daniela Bajaña López

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2005

AGRADECIMIENTO

A mi familia, en especial a mis padres y mi hermano por ser incondicionales en todo momento. Y a todas aquellas personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de éste ensayo, especialmente al Ing. Miguel Quilambaqui, Director de Tesis, por su excelente dirección, a la Ing. Claudia Ayala y al Ing. Edison Valdivieso, por su invaluable ayuda y a la Dra. Cecilia Paredes, Directora del Proyecto VLIR componente 6, por el desinteresado patrocinio de éste ensayo.

DEDICATORIA

A ti, mujer de roble,
mujer sin poses,
mujer sencilla.

En tu memoria Doña Celma.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Miguel Quilambaqui J.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Haydee Torres C.
VOCAL

Ing. Fernando Morante C.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

María Daniela Bajaña López

RESUMEN

En el campo agropecuario en los últimos años el hombre ha tratado de buscar nuevas fuentes no sintéticas de nitrógeno y también de materiales o métodos que ayuden a un mejor aprovechamiento de éste elemento en el suelo. De ésta manera se ayudará a la conservación de los suelos agrícolas y a disponer de otra de nutrición para los cultivos.

Las zeolitas naturales se han utilizado en la Agricultura desde los años 60 en países como Japón y EE.UU., y a través de numerosos ensayos de campo se ha demostrado que incorporadas como aditivos en la fertilización pueden disminuir las pérdidas de nitrógeno en hasta un 60 %, sobre todo en suelos altamente permeables, debido a su alta capacidad de intercambio catiónico que les permite retener amonio, potasio y otros iones liberándolos lentamente en el suelo, reduciendo así el uso de fertilizantes y constituyendo una alternativa efectiva, fácil de emplear e inocua para el medio ambiente.

El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos en la agricultura sobre todo de la urea, ha tenido efectos perjudiciales en las propiedades del suelo y su conservación, causando en muchos casos la acidificación de los suelos cultivables, pérdida de la materia orgánica hasta llegar a la pérdida de la capa arable, dejando así cientos de áreas antes cultivadas en total desertificación.

Al momento, son pocos o escasos los estudios que existen en el país sobre la búsqueda de alternativas ecológicas, en la utilización de fuentes naturales que ayuden a un mejor aprovechamiento y conservación de los nutrientes en el suelo, para un mejor desarrollo de los cultivos agrícolas.

Con el objeto de proponer alternativas ante éste problema se llevó a cabo éste ensayo, para evaluar el efecto de las zeolitas naturales en el rendimiento del cultivo de maíz.

El presente ensayo se realizó en el Campo Experimental de Enseñanza Agropecuaria (Cenae) de la ESPOL, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la FIMCP al interior del Campus Gustavo Galindo, ubicada en la Provincia del Guayas, cantón Guayaquil, en el kilómetro 30,5 de la vía perimetral.

La zeolita natural, fue extraída del bloque tecnológico experimental de la zeolita (BTEZ), ubicado en el Campus Gustavo Galindo. Se llevó un total de 5 sacos de 50 Kg., cada uno.

El proceso de molienda de la zeolita, se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Tierra. Posteriormente se la pasó por un tamiz (malla # 12), obteniéndose la zeolita con una granulometría de 1 a 3 mm.

Antes de la instalación del ensayo se tomó una muestra de suelo en el área seleccionada, para su posterior análisis físico-químico. En base a estos datos se harían las recomendaciones para cada tratamiento.

La preparación del suelo consistió en un pase de romplot y en el surcado del terreno cada 0,80 metros entre hilera, seguida a esta labor se estaquilló las parcelas de acuerdo al diseño experimental seleccionado. Se aplicó también un riego antes de la siembra. El sistema de riego es por goteo, con goteros cada 0,20 metros.

El área total de siembra con el híbrido Pacific 9205, según el diseño fue de 551 m², en un diseño de bloques completamente al azar, compuesto por seis tratamientos y cuatro repeticiones.

Tratamiento	Detalle
T1	Urea
T2	Urea 80% + Zeolita 20%
T3	Humus
T4	Humus 80% + zeolita 20%
T5	Zeolita
T.A.	Testigo absoluto

La siembra fue manual con la ayuda de un espeque, depositando 1 semilla por sitio a una distancia de 0,20 m entre planta y a 0,80 m entre hilera, dando así una población de 2.400 plantas/551 m².

Durante el desarrollo del ensayo se efectuó el manejo cultural del cultivo, considerando las siguientes actividades:

- Riego por goteo, 2 veces por semana
- Deshierba manual

- Manejo Fitosanitario; para el control del gusano cogollero se hizo la aplicación de un insecticida piretroide ligeramente tóxico, en todas las unidades experimentales.

A los 15 días después de la siembra, se hizo la primera aplicación de los 5 tratamientos. La segunda a los 45 días después de la siembra.

La toma de los datos se realizó cada 15 días a partir de la primera aplicación de los tratamientos, hasta la finalización del ciclo del cultivo.

Para corroborar los datos obtenidos, se tomaron muestras de suelo en la etapa inicial, media y final del cultivo para evaluar en que condiciones quedó el suelo después de los tratamientos, por medio de un análisis físico-químico.

Según los resultados, en la variable rendimiento, el tratamiento de urea al 100% (219 Kg/Ha.) presentó la mayor producción (5.980 Kg./Ha.), seguido del tratamiento urea (80%) + zeolita (20%) con una producción de (5.344 Kg./Ha.); estos a su vez muestran una factibilidad económica positiva. En cuanto a la variable altura de planta, el tratamiento de urea, presentó el mayor índice (179.2 cm.). Finalmente se concluye en éste ensayo, que el tratamiento urea al 100% (219 Kg/Ha.), presentó un mejor rendimiento en el cultivo.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	V
INDICE DE TABLAS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO 1

1. ZEOLITAS NATURALES.....	4
1.1. Propiedades físico-químicas de las zeolitas.....	6
1.1.1. Capacidad de intercambio catiónico.....	7
1.1.2. Capacidad de adsorción.....	8
1.1.3. Propiedades ácido base.....	9
1.1.4. Caracterización mineralógica de las zeolitas naturales del Bloque tecnológico experimental de la zeolita (BTEZ) de la ESPOL.....	10
1.2. Clasificación de las zeolitas.....	13
1.3. Usos de las zeolitas.....	15
1.3.1. Aplicación agropecuaria de las zeolitas.....	19

CAPITULO 2

2. EL CULTIVO DE MAIZ.....	24
2.1. Características morfológicas. Botánica.....	24
2.2. Desarrollo vegetativo del maíz.....	26
2.3. Genética del maíz.....	26
2.4. Exigencias edafoclimáticas.....	27

2.4.1.	Exigencias de clima.....	27
2.4.1.1.	Pluviometría y riegos.....	27
2.4.2.	Exigencias en suelo.....	30
2.5.	Labores culturales.....	30
2.5.1.	Preparación del terreno.....	30
2.5.2.	Siembra.....	30
2.5.3.	Fertilizantes y abonos orgánicos.....	31
2.5.3.1.	Fertilizantes químicos.....	32
2.5.3.2.	Abonos orgánicos.....	35
2.5.3.2.1.	Humus de lombriz.....	36
2.5.4.	Control de malezas.....	40
2.5.5.	Raleo.....	41
2.6.	Cosecha.....	42
2.7.	Conservación.....	42
2.8.	Manejo de plagas y enfermedades.....	43
2.8.1.	Plagas.....	43
2.8.2.	Enfermedades.....	45

CAPITULO 3

3.	MATERIALES Y METODOS.....	48
3.1.	Ubicación del ensayo.....	48
3.2.	Materiales a usarse.....	49
3.2.1.	De campo.....	49
3.2.1.1.	Materiales.....	49
3.2.1.2.	Insumos.....	49
3.2.2.	De laboratorio.....	49
3.3.	Metodología y manejo de la investigación.....	50
3.3.1.	Diseño experimental.....	50
3.3.2.	Instalación del ensayo.....	51
3.3.3.	Medición de variables.....	56

3.3.4. Análisis de datos.....	60
3.3.5. Análisis económico.....	61

CAPITULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
--------------------------------	----

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
--	----

APENDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ADEVA	Análisis de varianza
Al	Aluminio
B	Boro
BTEZ	Bloque tecnológico experimental de la zeolita
cc/l	Centímetro cúbico por litro
cc/Kg	Centímetro cúbico por kilogramo
Cenae	Campo experimental de enseñanza agropecuaria
CIMMYT	Centro internacional de mejoramiento del maíz y trigo
cm	Centímetro
°C	Grados Centígrados
DBCA	Diseño de bloques completamente al azar
d.d.s.	Días después de la siembra
g	Gramo
g/cm ³	Gramo por centímetro cúbico
g/ton	Gramo por tonelada
Ga	Galio
Ge	Germanio
Ha	Hectárea
H ₂ O	Agua
K	Potasio
kg	Kilogramo
kg/Ha	Kilogramo por hectárea
Kg/m ²	Kilogramo por metro cuadrado
Kg/ton	Kilogramo por tonelada
l	Litro
lb	Libra
m	Metro
m ²	Metro Cuadrado
m ³	Metro Cúbico
meq/g	Miliequivalente sobre gramo
Mg	Magnesio
mg/l	Miligramo sobre litro
mm	Milímetro
Mo	Molibdeno

m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
Na	Sodio
NH ₃	Amoníaco
NH ₄	Nitrógeno amoniacal
NH ₄ Cl	Cloruro de amonio
NO ₃	Nitrato
N.S.	No significativo
P	Fósforo
qq/Ha	Quintal por hectárea
S	Azufre
Si	Silicio
spp.	Especie
T1	Tratamiento uno
T2	Tratamiento dos
T3	Tratamiento tres
T4	Tratamiento cuatro
T5	Tratamiento cinco
T.A.	Testigo absoluto
Ti	Titanio
Tn/Ha	Tonelada por hectárea
u	Micras
Zn	Zinc

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1	Representación convencional de la zeolita.....5
Figura 1.2	Muestra MF22.....12
Figura 3.1	Distribución de los tratamientos en el campo.....51
Figura 4.1	Rendimiento de 6 tratamientos.....64
Figura 4.2	Regresión de altura de planta en el tratamiento 1.....66
Figura 4.3	Regresión de altura de planta en el tratamiento 2.....67
Figura 4.4	Regresión de altura de planta en el tratamiento 3.....67
Figura 4.5	Regresión de altura de planta en el tratamiento 4.....68
Figura 4.6	Regresión de altura de planta en el tratamiento 5.....68
Figura 4.7	Regresión de altura de planta en el testigo absoluto.....69

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1.1	Datos de análisis por Fluorescencia de Rayos X.....13
Tabla 1.2	Clasificación para las zeolitas.....14
Tabla 2.1	Riego en el cultivo de maíz.....29
Tabla 2.2	Híbridos y variedades más utilizadas en el Ecuador.....31
Tabla 2.3	Fertilización recomendada para el híbrido Pacific 9205.....34
Tabla 2.4	Requerimiento y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz.....34
Tabla 2.5	Componentes del humus de lombriz.....39
Tabla 3.1	Descripción de los tratamientos y dosis.....50
Tabla 4.1	Adeva de la variable rendimiento.....63
Tabla 4.2	Separación de medias de la variable rendimiento.....63

INTRODUCCIÓN

Las zeolitas naturales se han utilizado en la Agricultura desde los años 60 en países como Japón y EE.UU., a través de numerosos ensayos de campo se ha demostrado que incorporadas como aditivos en la fertilización pueden disminuir las pérdidas de nitrógeno en hasta un 60 %, sobre todo en suelos altamente permeables, debido a su alta capacidad de intercambio catiónico, les permite retener amonio, potasio y otros iones liberándolos lentamente en el suelo, reduciendo el uso de fertilizantes y constituyendo una alternativa efectiva, fácil de emplear e inocua para el medio ambiente.

En Ecuador, la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), ha desarrollado investigaciones sobre la caracterización de las zeolitas naturales encontradas en el Bloque Tecnológico Experimental de Zeolita (BTEZ) del Campus Gustavo Galindo. Además se ha conformado un grupo de investigadores que gracias al proyecto VLIR componente 6, están realizando trabajos de investigación en zeolita, con el fin de caracterizarlas y obtener información básica, así como establecer su aplicación tecnológica en la industria y en la producción agropecuaria.

Según la caracterización realizada de las zeolitas naturales en la ESPOL, son del tipo Clinoptilolita y heulandita, de la cual según la literatura existente, se conoce tiene usos y aplicaciones en la agricultura, acuicultura, industria y descontaminación ambiental (3).

En el área de la producción agrícola en los últimos años el hombre ha tratado de buscar nuevas fuentes no sintéticas de nitrógeno y también de materiales o métodos que ayuden a un mejor aprovechamiento de éste elemento en el suelo. De ésta manera se ayudará a la conservación de los suelos agrícolas y a disponer de una mejor forma de nutrición para los cultivos (5).

El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos en la agricultura sobre todo de la urea, ha tenido efectos perjudiciales en las propiedades del suelo y su conservación, causando en muchos casos la acidificación de los suelos cultivables, pérdida de la materia orgánica hasta llegar a la pérdida de la capa arable, dejando algunas áreas que antes eran cultivadas en total desertificación (5).

Al momento, son pocos o escasos los estudios que existen en el país sobre la búsqueda de alternativas ecológicas, en la utilización de fuentes naturales que ayuden a un mejor aprovechamiento y conservación de los nutrientes del suelo que permitan un mejor desarrollo y rendimiento de cultivos agrícolas.

En base a lo argumentado anteriormente, se plantea los siguientes objetivos:

General.

Evaluar el efecto de las zeolitas naturales en el rendimiento del cultivo de maíz.

Específicos.

- Determinar si con la aplicación de zeolitas se puede disminuir las cantidades de fertilizantes nitrogenados y abonos naturales en el cultivo de maíz.
- Evaluar el efecto del uso de urea en el cultivo de maíz.
- Evaluar el efecto de humus en el cultivo de maíz.
- Evaluar el efecto combinado del uso de urea mas zeolita en el cultivo de maíz.
- Evaluar el efecto combinado del uso de humus más zeolita en el cultivo de maíz.
- Analizar la factibilidad económica del uso de zeolita en la fertilización del cultivo de maíz.

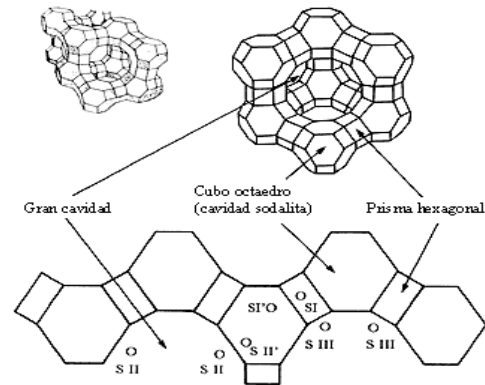
CAPITULO 1

1. ZEOLITAS NATURALES

Las zeolitas naturales son minerales del tipo Tectosilicatos porosos. La estructura de estos minerales está constituida por tetraedros (TO_4), que se unen a través de los cuatro átomos de oxígeno, formando una red tridimensional. Su porosidad se debe a la importante fracción de volumen vacío respecto del volumen total del cristal que las conexiones de estos tetraedros definen (7).

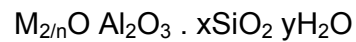
Los átomos T de los tetraedros que constituyen estos materiales pueden ser silicio (Si), aluminio (Al), galio (Ga), boro (B), germanio (Ge), titanio (Ti), etc, dependiendo del estado de oxidación del elemento que sustituye parcialmente al silicio (7).

Figura 1.1: Representación convencional de la zeolita



Fuente: Pedro Bosch, Isaac Schifter, 1997.

La estructura puede pasar de neutra, cuando solo hay silicio, a tener una carga neta negativa que es necesario compensar para mantener la electroneutralidad. Por esta razón se encuentra en el interior de éstas estructuras porosas cationes alcalinos y/o alcalinotérreos hidratados, compensando la carga de estos tetraedros. La fórmula general de estos materiales es:



Donde:

M = es generalmente un catión inorgánico de carga n.

X = es la relación SiO_2 / Al_2O_3 que es simplemente igual o superior a dos.

Cabe indicar que no existen zeolitas que posean dos tetraedros de aluminio contiguos. Esto se conoce como regla Lowenstein (7).

Los cationes presentes en el interior de las zeolitas, se pueden intercambiar al menos parcial y reversiblemente sin que en ese proceso la estructura colapse (7).

También se dice, que una zeolita es un mineral aluminosilicato cuya estructura forma cavidades ocupadas por iones grandes y moléculas de agua con gran libertad de movimiento que permiten el cambio iónico y la deshidratación reversible (15).

1.1. Propiedades físico-químicas de las zeolitas

Las propiedades físicas de una zeolita deben de considerarse de dos formas:

1. Una descripción mineralógica de la zeolita desde el punto de vista de sus propiedades naturales, incluyendo la morfología, hábitos del cristal, gravedad específica, densidad, color, tamaño del cristal o grano, el grado de cristalización, resistencia a la corrosión y abrasión (24).

2. Desde el punto de vista de su desempeño físico como un producto para cualquier aplicación específica, tomando en cuenta las características tales como brillantés, color, viscosidad de Brookfield, viscosidad de Hércules, área superficial, tamaño de partícula, dureza, resistencia al desgaste (24).

Las aplicaciones de las zeolitas naturales hacen uso de uno o más de sus propiedades químicas, que generalmente incluye el intercambio de iones, adsorción o deshidratación y rehidratación. Estas propiedades están en función de la estructura del cristal de cada especie, su estructura y composición catiónica (17).

1.1.1. Capacidad de intercambio catiónico

Esta capacidad está determinada por la presencia de cationes de compensación de la carga de los tetraedros de aluminio en el interior de la zeolita. La capacidad de intercambio se puede modificar variando la relación silicio-aluminio de la zeolita, aumentando al disminuir esta relación. Así mismo depende en mayor o menor grado de la relación carga/radio de los cationes presentes en el interior y de los que se pretende intercambiar (7).

Por los procedimientos clásicos de intercambio catiónico de una zeolita se puede describir como la sustitución de los iones sodio de las zeolitas faujasitas por cationes de otros tamaños y otra carga. Esta es una de las características esenciales de las zeolitas. En efecto, así se consigue modificar considerablemente las propiedades y ajustar la zeolita a los usos más diversos. El intercambio catiónico se puede efectuar de varios modos (17).

-Intercambio en contacto con una solución salina acuosa (intercambio hidrotérmico) o con un solvente no acuoso (17).

-Intercambio en contacto con una sal fundida. Por ejemplo, una zeolita A, originalmente con Ca, se pone en contacto con nitratos de litio, potasio o rubidio fundidos hacia 350°C (17).

-Intercambio en contacto con un compuesto gaseoso. Por ejemplo, una zeolita faujasita, originalmente en su forma Na, se pone en contacto con HCl anhidro o NH₃, hacia 250°C (17).

1.1.2. Capacidad de adsorción

Las zeolitas cristalinas son los únicos minerales adsorbentes. Los canales centrales de entrada y las cavidades de las

zeolitas se llenan de moléculas de agua que forman las esferas de hidratación alrededor de dos cationes cambiabiles. Si el agua es eliminada y las moléculas tienen diámetros seccionales suficientemente pequeños para que estas pasen a través de los canales de entrada entonces son fácilmente adsorbidos en los canales deshidratados y cavidades centrales. Las moléculas demasiado grandes no pueden pasar dentro de las cavidades centrales y se excluyen dando origen a la propiedad de tamiz molecular una propiedad de las zeolitas (17).

1.1.3. Propiedades ácido-base

La presencia en el interior de las zeolitas de cationes de compensación de carga de los tetraedros de aluminio origina centros básicos, cuya abundancia y fortaleza es mayor cuanto menor sea la relación Si/Al y la relación carga/radio del catión en cuestión. Además estos cationes se pueden intercambiar por protones, mediante intercambio iónico con cloruro de amonio (NH_4Cl) y posterior calcinación del material, con lo que se elimina NH_3 y queda un protón unido a átomos de oxígeno de la red tetraédrica. Esto origina centros ácidos, cuya abundancia depende de la relación Si/Al. Cuanto menor

sea el contenido en aluminio, menor será el número total de centros pero mayor su fortaleza. La presencia de este tipo de centros, así como la posibilidad de introducir elementos metálicos como titanio, vanadio o metales nobles, permite disponer de mayor variedad de materiales zeolíticos susceptibles de utilización en reacciones como la catálisis básica, ácida o redox (7).

1.1.4. Caracterización mineralógicas de las zeolitas naturales del Bloque tecnológico experimental de la zeolita (BTEZ) de la ESPOL

Las zeolitas naturales encontradas dentro del Campus de la Prosperina-Espol, específicamente en el BTEZ, fueron sometidas a estudios de caracterización. El análisis por rayos DRX de las diferentes muestras de zeolitas indican que todas tienen una estructura muy similar, que corresponde a los tipos de zeolita clinoptilolita y heulandita además de cuarzo y feldespato (albita) como fases mayoritarias, y de arcillas y calcita como fases minoritarias (16).

La clinoptilolita y la heulandita pertenecen a la familia heulandita del grupo de las zeolitas (1).

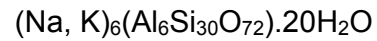
La Clinoptilolita tiene una capacidad de intercambio catiónico entre 100 y 300 meq/100 g. Retiene amonio (NH_4) en sus canales estructurales, previniendo su oxidación y ayuda a reducir las pérdidas de fertilizantes de tipo amoniacal (20).

La clinoptilolita es una de las zeolitas naturales más útiles, se utiliza en muchos usos tales como, tamiz químico, amortiguador del gas, aditivo alimenticio, agente del control del olor y como filtro del agua potable y en los acuarios. Este mineral se lo usa en esas aplicaciones, debido a su gran cantidad de espacio dentro del poro, de alta resistencia a las temperaturas extremas y de estructura básica químicamente neutral. La clinoptilolita puede absorber fácilmente el amoníaco y otros gases tóxicos del aire y del agua y se puede utilizar así en filtros, por razones de la salud y para el retiro del olor (1).

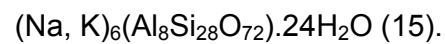
La clinoptilolita también se lo encuentra en las vesículas de rocas volcánicas tales como basaltos, rhyolitas y andesitas. Clinoptilolita, que significa en griego "*la piedra oblicua de la pluma*" (1).

La diferencia de heulandita con la clinoptilolita es su enriquecimiento en potasio (1).

La fórmula química teórica de la clinoptilolita es:

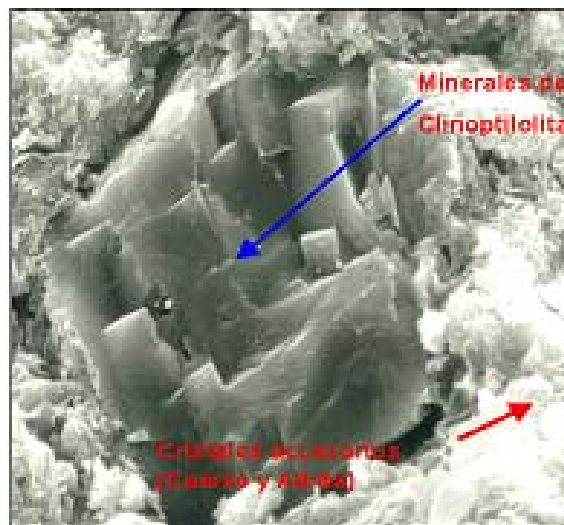


La fórmula química teórica de la heulandita es:



A continuación se observa la figura 1.2, muestra de campo del BTEZ, en donde se pudo apreciar minerales de zeolitas (16).

Figura 1.2: Muestra MF22, foto x2000, 10u, #24859



Fuente: Fernando Morante Carballo, 2004

En la tabla 1.1, se muestran los datos de análisis por Fluorescencia de rayos x (FRX), tomadas de las muestras analizadas en el BTEZ del Campus de la Prosperina de la ESPOL. (16).

Tabla 1.1

Datos de análisis por Fluorescencia de Rayos X (FRX)

Muestra	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Si/Al (%)	PPC (%)
BTEZ-1	58.15	14.12	6.57	3.68	1.54	1.99	1.28	3.61	11.80
BTEZ-2	63.18	11.28	5.47	3.44	1.19	1.63	1.09	4.92	11.83

PCC: Pérdidas por calcinación

Fuente: Fernando Morante Carballo, 2004

1.2. Clasificación de las zeolitas

Hay cerca de 40 minerales naturales que son miembros reconocidos del grupo de la zeolita, las cuales se describen a continuación en la tabla 1.2 (1).

**TABLA 1.2
CLASIFICACIÓN PARA LAS ZEOLITAS. BRECK (1974)**

Nombre	Contenido Típico de la celda-unidad	Tipo de caja poliédrica	Densidad (g/cm ³)	F. de poro	Tipo de canal	Apertura libre de canales principales (Å)
Grupo 1 (S4R)						
Analcima	Na ₁₆ [(AlO ₂) ₁₆ (SiO ₂) ₃₂] 16H ₂ O		1.85	0.18	1	2.6
Harmotoma	Ba ₂ [(AlO ₂) ₄ (SiO ₂) ₁₂] 12H ₂ O		1.59	0.31	3	4.2 x 4.4
Phillipsita	(K,Na) ₁₀ [(AlO ₂) ₁₀ (SiO ₂) ₂₂] 20H ₂ O		1.58	0.31	3	4.2 x 4.4, 2.8 x 4.8
Gismondina	Ca ₄ [(AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₈] 16H ₂ O		1.52	0.46	3	3.1 x 4.4
P	Na ₆ [(AlO ₂) ₆ (SiO ₂) ₁₀] 15H ₂ O	α, β, δ(10-	1.57	0.41	3	3.5

Paulingita	$K_2, Na, Ca, Ba)_7(AlO_2)_{152}(SiO_2)_{520}] 700H_2O$	hedron)	1.54	0.49	3	3.9
Laumontita	$Ca_4[(AlO_2)_8(SiO_2)_{46}] 16H_2O$		1.77	0.34	1	4.6 x 6.3
Yugawaralia	$(K, Na)_{10}[(AlO_2)_{10}(SiO_2)_{22}] 20H_2O$		1.81	0.27	2	3.6 x 2.8
Grupo 2 (S6R)						
Erionita	$Ca, Mg, K_2, Ca_2)_{4,3}[(AlO_2)_9(SiO_2)_{27}] 27H_2O$	$\epsilon, 23$ -hedron	1.51	0.35	3	3.6 x 5.2
Offretita	$(K_2, Ca)_2,7[(AlO_2)_{5,4}(SiO_2)_{12,6}] 15H_2O$	$\epsilon, 14$ -hedron	1.55	0.40	3	3.6 x 5.2, a;6.4, c
T	$(Na_{1,2}, K_2, 8) [(AlO_2)_4(SiO_2)_{14}] 14H_2O$	$\epsilon, 23, 14$ -	1.50	0.40	3	3.6 x 4.8
Levynita	$Ca_3[(AlO_2)_6(SiO_2)_{12}] 18H_2O$	hedron elips	1.54	0.40	2	3.2 x 5.1
Omega	$(Na_{6,8}TMA_{1,6}) [(AlO_2)_8(SiO_2)_{28}] 21H_2O$	17-hedron	1.65	0.38	1	7.5
Sodalita	$Na_8[(AlO_2)_6(SiO_2)_6] 7.5H_2O$	14-hedron β	1.72	0.35	3	2.2
hidratada	$Na_{12}[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}] 19H_2O$	$\epsilon, 17$ -hedron	1.58	0.33	3	2.2
Grupo 3 (D4R)						
A	$Na_{12}[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}] 27H_2O$	α, β	1.27	0.47	3	4.2
N-a	$(Na_4TMA_3) [(AlO_2)_7(SiO_2)_{17}] 21H_2O$	α, β	1.3	0.5	3	4.2
ZK-4	$(Na_8TMA_{1,6}) [(AlO_2)_8(SiO_2)_{15}] 28H_2O$	α, β	1.3	0.47	3	4.2
Grupo 4 (D6R)						
Faujasita	$(Na_2, K_2, Ca, Mg)_{29,5} [(AlO_2)_{59}(SiO_2)_{133}] 235H_2O$	$\beta, 26$ -hedron(II)	1.27	0.47	3	7.4
X	$Na_{96} [(AlO_2)_{96}(SiO_2)_{105}] 264H_2O$	$\beta, 26$ -hedron(II)	1.31	0.5	3	7.4
Y	$Na_{96} [(AlO_2)_{56}(SiO_2)_{136}] 250H_2O$	$\beta, 26$ -	1.27	0.48	3	7.4
Chabazita	$Ca_2 [(AlO_2)_4(SiO_2)_8] 13H_2O$	hedron(II)	1.45	0.47	3	3.7 x 4.2
Gmelinita	$Na_8 [(AlO_2)_8(SiO_2)_{16}] 24H_2O$	20-hedron	1.46	0.44	3	3.6 x 3.9, a;7.0, c
ZK-5	$(R, Na_2)_{15} [(AlO_2)_{30}(SiO_2)_{66}] 98H_2O$	14-	1.46	0.44	3	3.9
L ^R	$K^9 [(AlO_2)_9(SiO_2)_{27}] 22H_2O$	hedron(II)	1.61	0.32	1	7.1
Grupo 5 (T5O10)						
Natrolita	$Na_{16} [(AlO_2)_{16}(SiO_2)_{24}] 16H_2O$		1.76	0.23	2	2.6 x 3.9
Scolecita	$Ca_8 [(AlO_2)_{16}(SiO_2)_{24}] 16H_2O$		1.75	0.31	2	2.6 x 3.9
Mesolita	$(Na_{16}Ca_{16}) [(AlO_2)_{48}(SiO_2)_{72}] 64H_2O$		1.75	0.30	2	2.6 x 3.9
Thomsonita	$(Na_4Ca_8) [(AlO_2)_{20}(SiO_2)_{20}] 24H_2O$		1.76	0.32	2	2.6 x 3.9
Gonnardita	$(Na_4Ca_2) [(AlO_2)_8(SiO_2)_{12}] 14H_2O$		1.74	0.31	2	2.6 x 3.9
Edingtonita	$Ba_2 [(AlO_2)_4(SiO_2)_6] 8H_2O$		1.68	0.36	2	3.5 x 3.9
Grupo 6 (T8O16)						
Mordenita	$Na_8 [(AlO_2)_8(SiO_2)_{10}] 24H_2O$		1.70	0.28	2	6.7 x 7.0, c;2.9 x 5.7; b
Dachiardita	$Na_5 [(AlO_2)_5(SiO_2)_{19}] 12H_2O$		1.72	0.32	2	3.7 x 6.7, b;3.6 x 4.8; c
Ferrierita	$(Na_{1,5}, Mg_2) [(AlO_2)_{5,5}(SiO_2)_{30,5}] 18H_2O$		1.76	0.28	2	4.3 x 5.5, c;3.4 x 4.3; c
Epistilbita	$Ca_3 [(AlO_2)_6(SiO_2)_{18}] 18H_2O$		1.76	0.25	2	4.3 x 5.5, c;3.4 x 4.8; b
Bikitaita	$Li_2 [(AlO_2)_2(SiO_2)_4] 2H_2O$		2.02	0.23	1	3.2 x 5.3, a;3.7 x 4.4; c 3.2 x 4.9
Grupo 7 (T10O20)						
Heulandita	$Ca_4 [(AlO_2)_8(SiO_2)_{28}] 24H_2O$		1.69	0.39	2	4.0 x 5.5, a;4.0 x 7.2; c ?
Clinoptilolita	$Na_6 [(AlO_2)_6(SiO_2)_{30}] 24H_2O$		1.71	0.34	?	4.1 x 6.2, a;2.7 x 5.7; c
Stilbita	$Ca_4 [(AlO_2)_8(SiO_2)_{28}] 28H_2O$		1.64	0.39	2	5.7; c
Brewsterita	$(Sr, Ba, Ca)_2 [(AlO_2)_4(SiO_2)_{12}] 10H_2O$		1.77	0.26	2	2.7 x 4.1, c;2.3 x 5.0; a

1.3. Usos de las Zeolitas Naturales

Las zeolitas naturales debido a sus principales propiedades, tales como capacidad de intercambio catiónico, adsorción y sus propiedades ácido-bases, se las aprovechado para darles usos en

diferentes campos, como en la industria, en la medicina, en la agricultura, en la acuicultura, etc. A continuación describiremos algunas de las aplicaciones más importantes de las zeolitas comprobadas hasta la actualidad:

En la **Industria:**

-Tamices moleculares.- La Primera aplicación de las zeolitas, fue la de tamiz, si uno las visualiza como un colador de cocina. Es obvio que si un gas o un líquido están compuestos por dos tipos de moléculas, unas más grandes que las otras, y si disponemos de una zeolita cuyos poros o ventanas tengan un tamaño intermedio entre las moléculas pequeñas y las grandes, sólo las primeras entrarán en la zeolita, mientras que las segundas seguirán su camino. Así se habrá separado un componente de otro: la zeolita actúa como un tamiz de moléculas. Fue Barrer quien en 1940, Inglaterra, demostró por primera vez esta aplicación. Así la compañía Union Carbide lanzó al mercado, a principios del 54, adsorbentes a base de zeolitas y, la División Linde, implantó su uso industrial para obtener argón de alta pureza. En efecto, la molécula de argón es ligeramente mayor que el oxígeno y no consigue entrar en la zeolita tipo 4 A a baja temperatura. Otra de las primeras separaciones a nivel industrial fue la utilización de zeolita 4 A para separar trazas de agua en la

sustancia congelante de los refrigeradores caseros, aplicación que aún se mantiene. Así mismo aprovechando este uso de la zeolita, se han elaborado filtros domésticos e industriales (5).

-Tratamiento de residuos nucleares.- Las zeolitas adsorben de manera selectiva Cesio 134, Cesio 137 y Estroncio 90, cuando pasan fluidos radioactivos por columnas de filtrado y constituidas por dichos minerales (21).

-Tratamientos de residuos metalúrgicos y mineros.- Las zeolitas han demostrado una gran aptitud para el tratamiento de los efluentes de plantas de tratamiento de metales férricos y básicos, fundiciones y refinerías (21).

-Control de malos olores.- La excelente capacidad de intercambio iónico y la selectividad por el amoníaco, hace que las zeolitas sean especialmente aptas para la eliminación de malos olores (21).

-Adsorción de gases.- Ciertas zeolitas poseen aptitud en la purificación de gas natural (eliminación de dióxido de carbono y H_2S) y del metano procedente de vertederos (21).

-Adsorción y desorción de agua.- La elevada afinidad de las zeolitas ha demostrado su utilidad en el control de los niveles de

humedad en el control allí donde los otros desecantes son menos eficaces (21).

-Empleo de la zeolita en producción de papel y goma.-

Desarrollada a escala de laboratorio, se utilizó la zeolita como relleno en la obtención de papel de buena calidad para impresión y como papel filtro (11).

-Sistemas de enfriamiento con Zeolitas.- Es factible, utilizando las zeolitas seleccionadas como adsorbentes, ésta actúa como líquido refrigerante (zeolita+agua). No produce contaminación ambiental (11).

-Tecnología de modificación de la zeolita para uso en pinturas.-

Se utiliza zeolita molida por debajo de 44 micras, sustituyendo hasta un 20% del TiO_2 en la elaboración de pinturas (11).

-Tratamiento de residuales con amonio y plomo.-

La zeolita natural y modificada permite eliminar el amonio y el plomo de aguas residuales para su vertimiento, contribuyendo de forma económica a la solución de problemas ambientales (11).

-Planta potabilizadora de agua.-

Se potabiliza el agua por medio del método de carbón activado, pero se utiliza la zeolita para aprovechar su micro porosidad que tendrá como objetivo retener en

el influente los metales pesados como mercurio, cadmio y plomo, esta captura se hace por intercambio iónico (8).

En la **medicina**:

-Tecnología de modificación de zeolitas para tratamiento de la hiperpotasemia (11).

-Tecnología de micro pulverización de zeolita para usos médicos (11).

-Tecnología para obtener zeolita modificada para su aplicación en hemodiálisis (11).

En la **acuicultura**:

-Tratamiento de piscinas acuícola.- Se ha demostrado que las zeolitas y en especial la clinoptilolita y la mordenita pueden eliminar entre 97% y un 99% del amoniaco en aguas de piscina con un contenido de tan solo 0.3 mg/l (21).

-Tratamiento de agua para cría y transportación de peces.- En Cuba, 1989, se desarrolló la tecnología de modificación de zeolitas para el mejoramiento de la calidad del agua para la cría de algunas especies piscícolas, disminuyendo en un 10% la mortalidad y la

morbilidad de los peces y permitiendo aumentar al doble la capacidad de transporte de los mismos (11).

Así mismo las zeolitas naturales se han probado en aplicaciones agropecuarias, las que detallaremos a continuación.

1.3.1. Aplicación agropecuaria de las zeolitas

-Nutrición animal.- La adición de 1-5% de clinoptilolita a la dieta animal mejora el crecimiento, reduce la incidencia y severidad de diarreas en cerdos, pollos, ganado vacuno y ovejas. Mejora las funciones en el tracto digestivo de los animales. Mejora la calidad de la cáscara de huevos en gallinas ponedoras. Reduce la incidencia de Dyscondroplasia tibial en broilers (20).

La suplementación de clinoptilolita a la dieta de los rumiantes altera el metabolismo del rumen incrementando las fuentes de nitrógeno aprovechable por el animal, esta alteración en la práctica se refleja en una mayor producción de leche y carne (20).

-Explotación pecuaria.- En las explotaciones pecuarias existe la presencia del amoníaco que se desprende de los excrementos y orinas en el almacenamiento de pollos y

cerdos afectando la producción, es aquí cuando se puede utilizar zeolita que mediante su adsorción captura las sustancias.

-Eliminación de olores.- Las zeolitas son eficaces en la eliminación de olores de NH_3 y H_2S que producen irritación en los animales (21).

-Aplicación agrícola.- El interés agrícola por el uso de las zeolitas naturales se ha incrementado en los últimos años. Algunos estudios demuestran que existe una relación entre la utilización de este mineral y el incremento de producción. Basados en las propiedades de las zeolitas como capacidad de intercambio iónico, adsorción y propiedades de hidratación, demuestran un potencial tanto de enmienda del suelo, como de liberación lenta de fertilizante. Se ha experimentado con proporciones de 20% a 30% respecto a la cantidad de fuente de fertilizante (21).

-Tratamiento de suelos.- Las zeolitas han resultado beneficiosas en el tratamiento de suelos, por sus propiedades de intercambio iónico y retención de agua (21).

-Sustratos para semilleros.- Las zeolitas en un 25%-30%, mezclada con tierra, le confiere al sustrato condiciones físicas adecuadas, evitando la compactación y favoreciendo al drenaje y la aireación (21).

-Retención del nitrógeno.- La elevada selectividad de las zeolitas frente a algunos estados del Nitrógeno, puede reducir el uso de fertilizantes químicos y puede dosificar los nutrientes y el agua cuando lo requiera el cultivo. La zeolita disminuye las pérdidas de fertilizantes (NH_4), fósforo y otros componentes, por la solubilización con agua, por filtración, por descomposición del amonio, etc. (21).

Basados en las propiedades de adsorción, hidratación y en la capacidad de intercambio iónico, las zeolitas muestran potencial tanto de enmienda del suelo, como de liberación lenta del fertilizante. La clinoptilolita y otras zeolitas, por ejemplo tienen una capacidad de intercambio iónico entre 100 y 300 meq/100 g, y una alta selectividad del K y NH_4 . Suelos con alto contenido de arcilla poseen una capacidad de intercambio iónico de entre 11 a 50 meq/100 g. La retención de NH_4 en los canales estructurales del mineral, previenen su

oxidación a NO_3 por bacterias y ayudan a reducir la pérdida de fertilizantes del tipo amoniacal (20).

-En la elaboración de abonos orgánicos.- Las zeolitas añadidas en un 10%-20% al abono orgánico, reducen las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y escurrimientos que se producen durante procesos bio-orgánicos. Mantiene la temperatura del compost, lo que ayuda a su descomposición. Además que disminuye malos olores producidos por el amoníaco y el ácido sulfhídrico (21).

Podemos citar en ésta aplicación a la tecnología para la producción de abonos organo-minerales (zeolita más roca fosfórica y turba) en Cuba. Esta tecnología garantiza la asimilación del 90% del fósforo presente en las rocas fosfóricas cubanas. Se obtuvo un abono de bajo costo y alta eficiencia en dosis de hasta 14 toneladas por Ha. Y granulometría de 1-3 mm (11).

-Adsorción y desorción de agua.- La elevada afinidad de las zeolitas, ha demostrado su utilidad en el control de los niveles de humedad, esto es una propiedad aplicable en los cultivos agrícolas ya que mantiene la zeolita la humedad en el suelo (21).

Las zeolitas son capaces de adsorber hasta un 70% de su peso en agua, manteniendo la humedad sin producir charcos.

De esta aplicación se desprenden otras como:

-En suelos secos o semi-secos, la aplicación de zeolita puede retener el agua y la humedad.

-Mejoramiento de suelos erosionados por sequía y desgaste.

-Las zeolitas mejoran la estructura física de los suelos (21).

CAPITULO 2

2. EL CULTIVO DE MAIZ

2.1. Características morfológicas. Botánica

Nombre común: Maíz

Nombre científico: *Zea mays L.*

Familia: Gramíneas

Género: *Zea*

Botánica.- La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

Tallo.- El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal (32).

Inflorescencia.- El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta (32).

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen (19).

Hojas.- Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (32).

Raíces.- Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en raíces secundarias o adventicias (32).

2.2. Desarrollo vegetativo del maíz

Desde que se siembran las semillas hasta la aparición de los primeros brotes, transcurre un tiempo de 8 a 10 días, donde se ve muy reflejado el continuo y rápido crecimiento de la plántula (20).

El híbrido utilizado para éste ensayo, Pacific 9205 tiene un ciclo de 110 días, desde el día de siembra hasta el día en que la planta está apta para ser cosechada (30).

2.3. Genética del maíz

El maíz se ha tomado como un cultivo muy estudiado para investigaciones científicas en los estudios de genética. Continuamente se está estudiando su genotipo y por tratarse de una planta monoica aporta gran información ya que posee una parte materna (femenina) y otra paterna (masculina) por lo que se pueden crear varias recombinaciones (cruces) y crear nuevos híbridos para el mercado (32).

Los objetivos de esto cruzamientos van encaminados a la obtención de altos rendimientos en producción. Por ello, se selecciona en masa aquellas plantas que son más resistentes a virosis, condiciones climáticas, plagas y que desarrollen un buen porte para cruzarse con otras plantas de maíz que aporten unas características

determinadas de lo que se quiera conseguir como mejora de cultivo. También se selecciona según la forma de la mazorca de maíz, aquellas sobre todo que posean un elevado contenido de granos sin deformación (32).

2.4. Exigencias edafoclimáticas

2.4.1. Exigencias de clima

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C (32).

El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C (32).

2.4.1.1. Pluviometría y riegos

Pluviometría.- Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en períodos de crecimiento en unos contenido de 40 a 65 cm (32).

Riegos.- El maíz es un cultivo exigente en el recurso hídrico, en el orden de 5 mm al día. Estos pueden realizarse por aspersión y por gravedad (32).

Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración (32).

Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado (32).

Por último, para el engrosamiento y maduración de las mazorcas, se debe disminuir la cantidad de agua aplicada, al cultivo (32).

A continuación, en la tabla 2.1 se presentan las dosis de riego convenientes para el cultivo del maíz en riego localizado.

TABLA 2.1
RIEGO EN EL CULTIVO DE MAÍZ

SEMANA	ESTADO	# de RIEGOS	m ³
1	Siembra	3	42
2	Nascencia	3	42
3	Desarrollo primario	3	52
4		3	88
5	Crecimiento	3	120
6		3	150
7		3	165
8	Floración	3	185
9	Polinización	3	190
10		3	230
11	Fecundación	3	200
12	Fecundación/grano	3	192
13		3	192
14		3	192
15		3	190

Fuente: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz3.asp>

2.4.2. Exigencias en suelo

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular (32).

2.5. Labores culturales

2.5.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado o un pase de rastra al terreno, para que el terreno quede suelto y sea capaz de retener cierta capacidad de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra (32).

En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas o rastrojos (32).

2.5.2. Siembra

Antes de efectuar la siembra se debe seleccionar híbridos o variedades resistentes a enfermedades, virosis y plagas (32).

Entre los híbridos y las variedades más utilizadas en el Ecuador, según Agripac tenemos (Ver tabla 2.2).

TABLA 2.2
HÍBRIDOS Y VARIEDADES MÁS UTILIZADAS EN EL ECUADOR

HIBRIDO	CICLO (días)	RENDIMIENTO (qq/Ha.)
BRASILIA 8501	115	140
VENCEDOR 8330	120	176
PACIFIC 9205	110	100
INIAP H 552	120	157
VARIEDADES		
INIAP 542	120	100
INIAP 528	74 (choclo)	85

Fuente: Agripac, 2004

La siembra se efectúa cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12°C. Se siembra a una profundidad de 5 cm. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación de las líneas de 0.8 a 1 m y la separación entre plantas de 20 a 25 cm (32).

2.5.3. Fertilizantes y abonos orgánicos

El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales. La deficiencia nutricional se

manifiesta en la planta cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso. Antes de cualquier fertilización, se debe de hacer un análisis químico del suelo, previo a la siembra, ya que es una herramienta al conocer el nivel de nutrientes que el suelo tiene, para hacer los correctivos necesarios y obtener una fertilización eficaz y económica (29).

2.5.3.1. Fertilizantes químicos

Nitrógeno (N): La cantidad de nitrógeno a aplicar depende de las necesidades de producción que se deseen alcanzar así como el tipo de textura del suelo. La cantidad aplicada va desde 80 a 150 Kg de N por Ha (19).

Las deficiencias por nitrógeno, en la planta puede afectar a la calidad del cultivo. Los síntomas se ven más reflejados en órganos fotosintéticos, las hojas, que aparecen con coloraciones amarillentas sobre los ápices y se van extendiendo a lo largo de todo el nervio. Las mazorcas aparecen sin granos en las puntas (19).

Fósforo (P): Sus dosis dependen igualmente del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o suelos negros. El fósforo da vigor a las raíces. Su déficit afecta a la fecundación y a que el grano no se desarrolle bien (19).

Potasio (K): Debe aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas de 135-160 ppm, En otros términos de 70-80 Kg/Ha. La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada (19).

Otros elementos: Boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), Molibdeno (Mo) y cinc (Zn). Son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta. Se recomienda la aplicación de cada uno de éstos micro-elementos a razón de 6 Kg/Ha (19).

La carencia del boro aparece muy marcada en mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella (19).

TABLA 2.3

FERTILIZACIÓN RECOMENDADA PARA EL HÍBRIDO PACIFIC 9205

Fertilizante	Dosis (Kg/Ha.)	d.d.s.
N-P-K 2-20-20	150	4-5
Urea (1 ^{ra} dosis)	150	10-15
Urea (2 ^{da} dosis)	100-150	28-35

d.d.s.: Días después de la siembra

Fuente: Agripac. Año 2004.

TABLA 2.4

REQUERIMIENTO Y EXTRACCIÓN EN GRANO DE NUTRIENTES PARA PRODUCIR UNA TONELADA DE GRANO DE MAÍZ

Nutriente	Requerimiento	Extracción
	kg/ton	kg/ton
Nitrógeno	22	14.5
Fósforo	4	3.0
Potasio	19	4.0
Calcio	3	0.2
Magnesio	3	0.8
Azufre	4	1.8
	g/ton	g/ton
Boro	20	5
Cloro	444	27
Cobre	13	4
Hierro	125	45
Manganeso	189	32
Molibdeno	1	1
Zinc	53	27

Fuente: Dr. Fernando García. INTA, 2002

2.5.3.2. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son todos los materiales de origen orgánico que se pueden descomponer por la acción de microbios y del trabajo del ser humano, incluyendo además a los estiércoles de organismos pequeños y al trabajo de microbios específicos, que ayudan a la tierra a mantener su fuerza o fertilidad (28).

El abono orgánico lo puede crear la naturaleza o el ser humano con su trabajo. Esto lo hacen con la ayuda organizada por ejemplo de lombrices, gallinas ciegas, hormigas y de microorganismos como los hongos, bacterias y actinomicetos (28).

Entre los abonos orgánicos más conocidos tenemos a las compostas, abonos verdes, humus de lombriz, biofertilizantes, y abonos líquidos (28).

A continuación se detalla al humus de lombriz por haber sido el utilizado en éste ensayo.

2.5.3.2.1. Humus de lombriz

El humus de lombriz es la deyección de la lombriz californiana (*Eisenia Foétida*). Por lo general esta especie de Lombriz es de color rojo oscuro, respira por debajo de la piel, mide de 6 a 8 cm de largo y de 3 a 5 m.m. de diámetro, y pesa 1 gramo. Si ésta se expone a los rayos del sol, muere en pocos minutos. Esta vive aproximadamente unos 15 años y produce 1300 lombrices al año, come mientras avanza en la excavación, y fertiliza el suelo por sus deyecciones (27).

Esta especie ingiere grandes cantidades de materia orgánica descompuesta y las transforman en lombricompuesto o vermicompuesto en una proporción del 60%. Transforman los minerales no asimilables presentes en los desechos y residuos animales, en nitratos y fosfatos

que pueden ser asimilables por las plantas (27).

Preparación y aplicación del humus.- Se puede preparar colocando una caja hecha con madera (1x20x0.50 m) sin fondo para que se pueda levantar. Se separa insertando en la caja o tacho una malla de alambre con orificios que permitan pasar el vermicompuesto hacia abajo (27).

Se agrega cierta clase de desechos orgánicos descompuestos o semi-descompuestos para que no levante niveles de temperatura que maten a las lombrices. El humus se saca por debajo. Las lombrices no son un problema para la extracción del compuesto ya que tienden a ir hacia arriba, donde está la comida (27).

Hay que variar el lugar donde se pone el alimento -un día a la derecha y al siguiente a la izquierda- por el tema de la temperatura (27).

La compostera tiene que estar a la sombra, en un lugar no inundable y se debe cubrir con una malla del tipo media sombra para evitar que entren pájaros y otros predadores. Mientras tengan alimento, las lombrices no escapan (27).

La crianza se inicia con una población de 3000 lombrices por metro cuadrado. El momento apropiado para la cosecha del humus es luego de 9 meses de haber iniciado la primera crianza (27).

Después de la cosecha se debe extender el humus sobre una superficie plana para extraer la humedad. Luego se procede al abonado (27).

Componentes del Humus de Lombriz.-

Los componentes del humus de lombriz se explican mejor en la tabla 2.5 (27).

TABLA 2.5
COMPONENTES DEL HUMUS DE LOMBRIZ

COMPONENTES	VALORES MEDIOS
Nitrógeno	1.95 - 2.2%
Fósforo	0.23 - 1.8%
Potasio	1.07 - 1.5%
Calcio	2.70 - 4.8%
Magnesio	0.3 - 0.81%
Hierro disponible	75 mg/l
Cobre	89 mg/kg
Zinc	125 mg/kg
Manganeso	455 mg/kg
Boro	57.8 mg/kg
Carbono Orgánico	22.53 %
C/N	11.55 %
Ácidos Húmicos	2.57 g Eq/100g
Hongos	1500 c/g
Levaduras	10 c/g
Actinomicetos total	170.000.000 c/g
Act. Quitinasa	100 c/g
Bacterias aeróbicas	460.000.000 c/g
Bact. Anaeróbicas	450.000 c/g

Fuente: Centro de investigación y desarrollo. S.C.I.C, 2001.

El pH del humus de lombriz oscila 7 y 7,5 de nivel lo cual lo hace neutro. Podemos mencionar que la cantidad orgánica del lombricompuesto tiene el 60% de materia orgánica (27).

2.5.4. Control de malezas

Dentro del control de malezas existen tanto medios manuales, mecánicos, como químicos. Este último el más utilizado por cuanto es más fácil su manejo y aplicación.

Cuando transcurren 3 a 4 semanas de la emergencia de la planta aparecen las primeras malezas de forma espontánea que compiten con el cultivo absorción de agua y nutrientes minerales. Por ello, es conveniente su eliminación por medio de herbicidas (29).

Entre las malezas más nocivas al cultivo, tenemos las gramíneas, como la comúnmente llamada caminadora y paja de burro; las cyperáceas (coquito) y las malezas de hoja ancha (29).

Para el control de malezas en la pre-emergencia del maíz, se recomienda aplicar dinitroanilina o triazinas inmediatamente o hasta tres días después de la siembra (31).

Si hay malezas emergidas al momento de la aplicación, se puede usar triazinas más Paraquat. En la post-emergencia, sobre todo para el control de malezas de hoja ancha, se recomienda insecticidas del grupo de las aminas, se aplica cuando el maíz tenga hasta 4-5 hojas funcionales (31).

En pequeñas extensiones o cuando las malezas “escaparon” a los pre-emergentes, se puede hacer “mancheos” con Paraquat (5.0 cc/L de agua), se aplicada en forma dirigida o con pantalla; entre los 25-30 días, antes de que emerjan las raíces adventicias del maíz (29).

2.5.5. Raleo

Es una labor de cultivo que se realiza cuando la planta ha alcanzado un tamaño próximo de 25 a 30 cm y consiste en ir dejando una sola planta por golpe y se van eliminando las restantes, en el caso de que se haya sembrado 2 semillas por golpe (32).

Otra de las labores de cultivo es la del aporque, que consiste en arrimar, formar y apilar, una cierta cantidad de tierra al pie de las plantas para fijarla al suelo y tapar las raíces adventicias (19).

2.6. Cosecha

La cosecha puede ser manual o mecanizada según el volumen de producción y la topografía del terreno. Para la cosecha de las mazorcas de maíz, se aconseja que no exista mucha humedad en las mismas (20%). La recolección, se puede efectuar de forma mecanizada para la obtención de una cosecha limpia, sin pérdidas de grano y fácil (32).

Para la recolección de mazorcas se utilizan las cosechadoras de remolque o bien las cosechadoras con tanque incorporado y arrancan la mazorca del tallo, previamente se secan con aire caliente y pasan por un mecanismo desgranador y una vez extraídos los granos se vuelven a secar para eliminar el resto de humedad (32).

2.7. Conservación

Para la conservación del grano del maíz se requiere un contenido de humedad del 35 al 45%.

Para maíz dulce las condiciones de conservación son de 0°C y una humedad relativa de 85 al 90%. Para las mazorcas en fresco se eliminan las hojas que las envuelven y se envasan en bandejas recubiertas por una fina película de plástico (32).

2.8. Manejo de plagas y enfermedades

2.8.1. Plagas

En el Ecuador, entre las plagas de importancia económica en el cultivo de maíz, tenemos a los gusanos tierreros, como el **gusano cogollero** (*Spodoptera frugiperda*), que se alimenta del envés de la hoja y penetran en el cogollo, destruyendo la yema terminal, por esto la planta detiene su desarrollo y se seca. Los gusanos pueden barrenar los tallos al nivel del suelo. Otra plaga es el **cutzo, gallina ciega o chanchito gordo** (*Phyllophaga spp.*) se alimenta de raíces. Para prevenir sus daños, las semillas se deben impregnar uniformemente con semevin en una dosis de 20 cc/kg de semilla. Se debe tratar solamente la cantidad de semilla que se va a sembrar en el día (29).

Entre los 18-28 días después de la siembra (d.d.s), el “cogollero” ataca nuevamente alimentándose del ápice de la

planta. Se lo debe controlar con cipermetrina. En caso de daños más tardíos (31-40 dds) se puede aplicar larvin o hacer cebos con karate, diluyendo 50 cc en 3 litros de agua por tacho de arena (dos tachos/ha). Se debe depositar aproximadamente 4 g de la mezcla en cada cogollo del maíz (29).

El **gusano barrenador** (*Diatraea spp*) daña los tallos y mazorcas, perforando los mismos, produciendo así la caída de la planta (29).

Entre las alternativas de control de ésta plaga tenemos los agentes de control biológico natural. Otra opción es el control químico del cogollero, que puede eliminar también las poblaciones de esta plaga, antes de su penetración (29).

El uso del “cebo” se está masificando entre los productores como complemento del tratamiento de semillas. Esta estrategia permite controlar todas las plagas del suelo (29).

En la etapa de floración o espigamiento, puede presentarse el **gusano de la mazorca** (*Heliothis Zea Boddie*), el cual se alimenta de la “peluza” y de la punta de la mazorca, favoreciendo la entrada de otros organismos, causando así su

podrición. Se recomienda el uso de un insecticida carbamato como el Thiodicarb, en dosis de 2 cc/L de agua, en aplicaciones dirigidas a la mazorca, antes del estado de “choclo” (29).

Entre las plagas que atacan al cultivo de maíz, podemos mencionar a los pulgones. El **pulgón** más dañino del maíz es (*Rhopalosiphum padi*), ya que se alimenta de la savia provocando una disminución del rendimiento final del cultivo. El **pulgón verde** del maíz (*Rhopalosiphum maidis*) es transmisor de virus al extraer la savia de las plantas atacando principalmente al maíz dulce, esta última especie tampoco ocasiona graves daños debido al rápido crecimiento del maíz (32).

Entre los **ácaros** perjudiciales tenemos a las arañuelas del maíz, (*Oligonychus pratensis*), (*Tetranychus urticae*) y (*Tetranychus cinnabarinus*). Su control se realiza mediante el empleo de insecticidas fosforados (32).

2.8.2. Enfermedades

En las áreas de producción del Ecuador, las enfermedades foliares más conocidas son la mancha curvularia y tizones.

Estos están presentes durante una buena parte del desarrollo del cultivo del maíz (29).

La mancha de asfalto (*Phyllachora spp*) y (*Monographella spp.*), puede ser muy severa y reducir drásticamente el rendimiento del cultivo. El reciclaje de semilla de híbridos, la inadecuada época de siembra y el monocultivo, son factores que pueden magnificar el problema (29).

Por lo general los híbridos tienen altos niveles de resistencia a la enfermedad. Por ello, pueden sembrarlos en áreas de incidencia de la enfermedad como en las estribaciones de la cordillera, Naranjito, Balao y Fumisa (29).

En lugares más húmedos y en meses de mayor precipitación pluvial, que coincide con el llenado del grano, se pueden presentar enfermedades fungosas que causan pudrición de la mazorca como (*Diplodia spp*) y (*Fusarium spp*) (29).

El llamado **carbón del maíz** (*Ustilago maydis*) que son agallas en las hojas del maíz, mazorcas y tallos. Esta enfermedad se desarrolla a una temperatura de 25 a 33°C. Su lucha se realiza basándose en tratamientos específicos con fungicidas (32).

El **rayado fino** que es un virus y la **cinta roja** que es un complejo de virus, micoplasmas y espiroplasmas, son enfermedades que han adquirido gran importancia económica, por lo que se recomienda manejar los insectos vectores como los loritos y las plantas hospederas, como la caminadora (29).

CAPITULO 3

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del ensayo

El presente proyecto se llevó a cabo en los terrenos del Campo Experimental de Enseñanza Agropecuaria de la ESPOL (CENAE), de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la FIMCP, en el Campus Gustavo Galindo, ubicado en el kilómetro 30,5 de la vía perimetral, Cantón Guayaquil, Provincia del Guayas.

El terreno se encuentra en las coordenadas 2 12'00' latitud Sur y 79 53'00' de longitud Oeste, a una altura de 70 m.s.n.m y una humedad relativa promedio de 85%, con una temperatura promedio anual de 26° C. Presenta una precipitación promedio anual de 620 mm, clasificándose la zona como Bosque Seco Tropical (3).

3.2. Materiales a usarse

3.2.1. De campo

3.2.1.1. Materiales

- Cañas
- Pintura
- Cinta
- Balde
- Machete
- Pala
- Sacos
- Rótulos de identificación
- Fundas plásticas de 10 x 20 cm

3.2.1.2. Insumos

- 35 Kg. de zeolita natural del BTEZ
- 185 Kg. de humus de lombriz marca Nacaro
- 2,52 Kg. de urea (46% de N)
- Semillas de maíz híbrido Pacific 9205
- 1 l de insecticida karate

3.2.2. De laboratorio

- Balanza de precisión, marca Ohaus, capacidad 510 g
- Kit SIW-1 de análisis de suelo, marca Hach

- Molino de discos
- Tamiz de malla # 12
- Cámara digital, marca Sony Cyber Shot
- Estufa marca Binder

3.3. Metodología y manejo de la investigación

3.3.1. Diseño experimental

Este ensayo se realizó bajo un modelo experimental de diseño de bloques completos al azar;

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

El diseño está constituido por 6 tratamientos y 4 repeticiones (Ver tabla 3.1). Los tratamientos y sus dosis se determinaron en base a un análisis químico de suelo, efectuado con anterioridad en el lugar del ensayo (Ver apéndice 23).

TABLA 3.1

DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS Y DOSIS

Tratamiento	Detalle	Dosis Tn/Ha	Dosis kg/16m ²	Dosis x 4 Rept.	Fert./Zeolita (Kg.)
T1	Urea	0,219	0,35	1,4	1,4
T2	Urea 80% + zeolita 20%	0,219	0,35	1,4	1,12/0,28
T3	Humus	16	25,6	102,4	102,4
T4	Humus 80% + zeolita 20%	16	25,6	102,4	82/20,4
T5	Zeolita	2,19	3,5	14	14
T.A.	Testigo	0	0	0	0

Las dosis de cada tratamiento, fueron divididas en 2 partes iguales para ser aplicadas: la primera a los 15 días después de la siembra y la segunda a los 45 días después de la siembra, para un mejor aprovechamiento de los sustratos utilizados por la planta.

Rept.1	T2	T1	T4	T3	T.A.	T5
Rept.2	T5	T3	T1	T4	T2	T.A.
Rept.3	T4	T2	T5	T.A.	T1	T3
Rept.4	T3	T.A.	T2	T4	T5	T1

Fig. 3.1: Distribución de los tratamientos en el campo

La ubicación de cada tratamiento en cada bloque o repetición, se la designó en base a un sorteo como lo indica el diseño de bloques completos al azar (DBCA).

3.3.2. Instalación del ensayo

- **Extracción de la zeolita en campo**

El primer paso para dicho ensayo, fue la obtención de la zeolita natural. Se extrajo la zeolita del Bloque Tecnológico Experimental de Zeolitas (BTEZ), ubicada en el Campus

Gustavo Galindo. Se recogieron 5 sacos de 50 Kg. cada uno., con pequeñas rocas de entre 0,5 a 1 kilogramo de peso.

- **Extracción de la zeolita en el laboratorio**

Posteriormente se llevó a la zeolita al proceso de molienda, en los laboratorios de suelo de la Facultad de Ciencias de la Tierra (FICT). Seguidamente ésta zeolita procesada, se la pasó por un tamiz de malla # 12, obteniéndose finalmente la zeolita con una granulometría de 1 a 3 mm.

- **Análisis de suelo**

Se realizó la toma de una muestra de suelo del lugar donde se llevaría a cabo el ensayo experimental. El análisis fue realizado en el Laboratorio de la Universidad Agraria del Ecuador. Con ésta información se estableció las recomendaciones para cada tratamiento ya establecido.

El tipo de suelo del ensayo, fue de textura arcillosa, determinado por el análisis físico químico ya mencionado (Ver apéndice 23).

- **Preparación del suelo**

La preparación del suelo consistió en un pase de romplot con el tractor del parque tecnológico de la Espol, luego se procedió al surcado del terreno cada 0,80 metros entre hilera, seguida a esta labor se estaquillaron las parcelas para su delimitación, de acuerdo al diseño experimental.

Se aplicó un riego antes de la siembra. El sistema de riego es por goteo, con goteros cada 0,20 metros, con la finalidad de regar el área de cada planta en su respectivo tratamiento. Todo esto para tener un mejor manejo entre tratamientos, y no mezclar los mismos.

- **Siembra**

Se llevó a cabo la siembra del híbrido Pacific 9205. Según el diseño experimental, en un área de 551m². La siembra fue manual con la ayuda de un espeque, depositando 1 semilla por sitio a una distancia de 0,20m entre planta y a 0,80m entre hilera, obteniendo una población de 2.400 plantas/551m².

- **Manejo cultural del cultivo**

Durante el desarrollo del ensayo se efectuó el manejo cultural del cultivo, considerando las siguientes actividades:

- Riego por goteo, 3 veces por semana. Se utilizó una cantidad de 52m³ de agua por cada riego.
- Deshierba manual, se realizaron cada 15 días.

- **Manejo Fitosanitario**

Para el control de gusano cogollero, se hizo una aplicación del producto Karate, un insecticida de categoría ligeramente tóxica, en todas las unidades experimentales. El nivel de infestación de la plaga fue del 30% aproximadamente en la plantación.

- **Aplicación de los tratamientos**

A los 15 días después de la siembra, cuando las plantas tenían de 6-10cm de altura, se realizó la primera aplicación de las dosis de cada uno de los tratamientos como se ve en la tabla 3.1. Después de la aplicación de cada tratamiento, se procedió al aporque de cada planta.

La segunda dosis de cada tratamiento se la aplicó a los 45 días después de la siembra.

- **Cosecha**

Al finalizar el ciclo del cultivo, a los 110 días después de la siembra, se procedió a la cosecha de todos los tratamientos. Se cosechó cuando el grano tenía una humedad del 20% aproximadamente. Posteriormente se guardó la producción de cada tratamiento y repetición en sacos diferentes previamente etiquetados.

La cosecha en su totalidad se la procedió a secar en el tendal del CENAE para tener la humedad deseada (8-12%) y así evitar problemas fitosanitarios.

- **Toma y análisis de muestras de suelo**

Antes de la segunda aplicación de los tratamientos y al finalizar el ciclo del cultivo, se tomaron muestras de suelo de cada unidad experimental, es decir en la etapa media del cultivo y en la finalización del ensayo.

Con el objeto de evaluar en que condiciones quedó el suelo después de la primera y de la segunda aplicación de los

tratamientos, se tomaron muestras de suelo para su posterior análisis físico-químico.

• Trabajo de laboratorio

En el laboratorio de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, se procedió al análisis de suelo de las muestras tomadas anteriormente, con la ayuda de un kit de análisis de suelo marca Hach. Además se siguieron, para cada elemento que se analizó, las indicaciones referidas en el manual de protocolo del mismo kit de análisis de suelo (25).

Cada muestra se trabajó independientemente. Se trituró cada muestra de suelo seco, y se pasó por un tamiz para obtener solo partículas de 2 mm.

Con ese material final se pudo determinar con la ayuda del kit de análisis de suelo, los siguientes parámetros: pH, salinidad, acidez, nitrógeno, fósforo, potasio, Calcio + Magnesio, Sodio, requerimiento de cal existente en el suelo y capacidad de intercambio catiónico (CIC) (25).

3.3.3. Medición de variables

Entre las variables evaluadas en éste ensayo se encuentran:

- Rendimiento (Kg/ha)
 - Altura de planta (cm)
 - Diámetro de tallo (cm)
 - Longitud de la mazorca (cm)
 - Diámetro de la mazorca (cm)
 - Número de granos de mazorcas
 - Peso de las mazorcas (g)
 - Peso de granos por mazorca (g)
 - Peso seco del follaje (lb)
-
- **Rendimiento (Kg/Ha)**

Ese mismo día, se obtuvo también la variable de rendimiento, para lo cual se tomó únicamente el peso de los granos de las mazorcas obtenidos en toda el área útil del ensayo.

- **Toma y registro de datos de las variables altura de planta y diámetro del tallo**

La toma de los datos de las variables altura de la planta y diámetro del tallo, se las hizo cada 15 días a partir de la primera aplicación de los tratamientos, hasta el final del cultivo, es decir a los 30, 45, 60 y 75 días de edad del

cultivo, que es hasta cuando la planta alcanza su plenitud foliar (14).

- **Longitud (cm), diámetro (cm) y peso de la mazorca (g)**

A los 8 días después de la cosecha, en los laboratorios de Ingeniería Agropecuaria, se procedió a la toma de datos de las variables longitud, diámetro y peso de la mazorca. Para dicha labor se escogieron al azar 20 mazorcas obtenidas del área útil por cada unidad experimental. Para éste paso se utilizó una balanza de precisión, una cinta métrica y una regla.

Previamente al conteo y medición de las otras variables, se procedió a desgranar manualmente todas las mazorcas, clasificándolas individualmente en bolsas de papel, previamente etiquetadas por número de tratamiento y por repetición.

- **Peso de granos por mazorca (g)**

Con la ayuda de una balanza de precisión marca Ohaus, se pesó el contenido de cada bolsa para obtener la variable peso de granos por mazorca en gramos. Para dicha

medición se tomó al azar 20 bolsas que representaban al contenido de cada mazorca.

- **Número de granos por mazorca**

Se procedió a contar el número de granos por mazorca de cada tratamiento y repetición que estaban en fundas etiquetadas.

- **Peso seco del follaje**

El día de la cosecha se tomaron muestras de plantas para medir la variable peso seco del follaje, para la misma se tomó toda la parte aérea de 10 plantas escogidas al azar por cada unidad experimental, con la ayuda de un machete. Se las colocó en sacos previamente etiquetados para el efecto.

Posteriormente se procedió a picar con la ayuda de un cuchillo las plantas tomadas en el paso anterior en pedazos no mayor a los 2 centímetros, muestra por muestra. Cada muestra se la introdujo en fundas de papel etiquetadas y finalmente se las selló. Seguido esto, se peso cada una de las 24 muestras individualmente en una balanza romana.

El mismo día se llevaron las 24 muestras empacadas, a el laboratorio de mecánica de suelos en la Facultad de ciencias de la tierra, para introducirlas en una estufa de gran capacidad. El proceso de secado duró 72 horas a una temperatura de 50⁰ C.

Posteriormente se retiraron las muestras de la estufa y se pesó cada una fuera de la bolsa de papel en una balanza romana, para obtener el dato final de la variable peso seco del follaje.

3.3.4. Análisis de datos

De aquí en adelante se procedió a la ordenación y al análisis de todos los datos obtenidos durante toda la parte experimental del ensayo.

Los datos obtenidos de todas las variables fueron analizados mediante el análisis de varianza (ADEVA). Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al nivel de 5 % de probabilidad ($P \leq 0.05$), el programa estadístico utilizado fue el SAS Institute, versión 2001.

Los gráficos estadísticos y las regresiones fueron elaborados con el programa estadístico SigmaPlot 2000.

3.3.5. Análisis económico

El análisis económico se lo realizó mediante el método de análisis de presupuestos parciales, desarrollado por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT). El análisis consta de tres fases básicas para llegar a recomendar los tratamientos económicamente rentables, estos son:

- **Análisis de presupuestos parciales.-** Aquí se organizan los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de cada uno de los tratamientos alternativos (10).
- **Análisis de dominancia.-** Se efectúa, primero, ordenando los tratamientos de menores a mayores costos totales que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían mas bajos (10).
- **Tasa de retorno marginal.-** Aquí solo se analizan los tratamientos no dominados. Se hace una relación entre el beneficio neto marginal (es decir, el aumento de beneficios netos) dividido por el costo marginal (aumento en los costos que varían), expresada en un porcentaje (10).

CAPITULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

Los datos obtenidos de todas las variables fueron analizados mediante el análisis de varianza (ADEVA). Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al nivel de 5 % de probabilidad ($P \leq 0.05$), el programa estadístico utilizado fue el SAS (SAS Institute 2001).

A continuación se muestra el resultado de todas las variables analizadas:

- **Rendimiento**

En el análisis de varianza se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos con respecto a la variable rendimiento, es decir se rechaza la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se acepta la hipótesis alternativa que al menos un tratamiento es diferente (Tabla 4.1).

TABLA 4.1

**Análisis de varianza del rendimiento en el cultivo de maíz con 6
tratamientos. CENAE 2004**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	13585960.3	2717192.1	0.0064**
Repetición	3	1051949.3	350649.8	0.59 NS
Error Experimental	15	8026521.1	535101.4	

Coefficiente de Variación = 15.37%

Media general = 4.760,19 Kg/Ha

Media nacional = 2.370 Kg/Ha

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

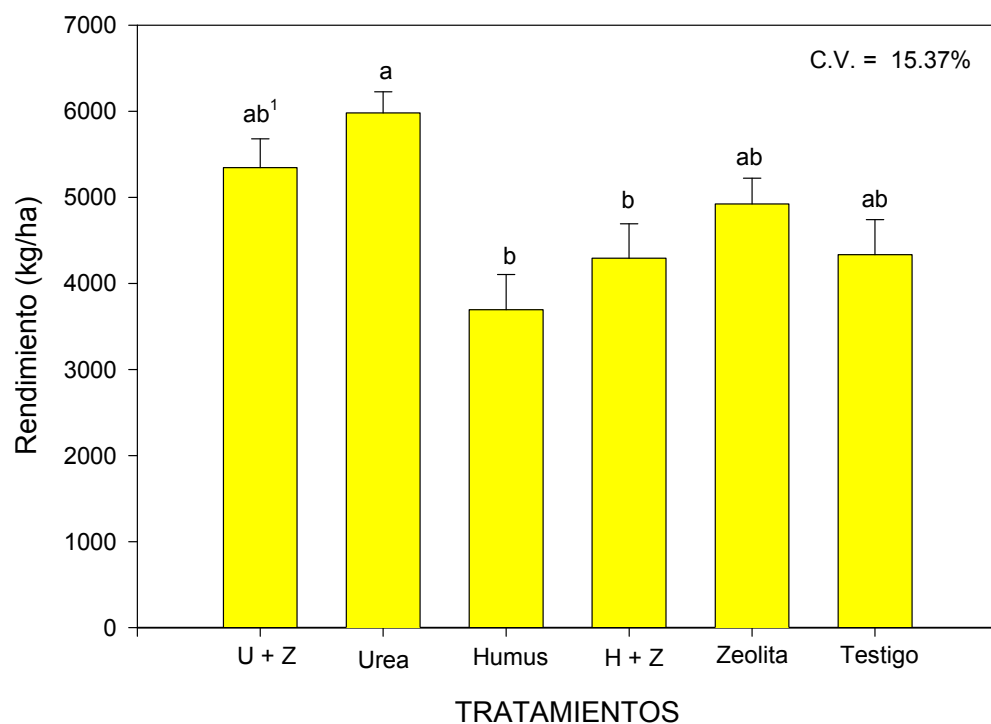
* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

TABLA 4.2

**Separación de medias de la variable rendimiento evaluada con
Tukey al 5%**

Grupo	Promedio (kg/Ha)	Tratamiento	# de repeticiones
A	5.980	1 Urea	4
B A	5.344	2 Urea + Zeolita	4
B A	4.920	5 Zeolita	4
B A	4.333	6 Testigo	4
B	4.291	4 Humus + Zeolita	4
B	3.693	3 Humus	4



1/ Valores señalados con la misma letra no difieren estadísticamente entre si (Tukey 0.05).

Figura 4.1. Rendimiento de los 6 tratamientos con sus diferencias estadísticas.

Con un nivel de significancia del 5% y bajo condiciones similares, en las cuales se efectuó el experimento se ve que los tratamientos evaluados difieren estadísticamente en alto grado de significancia, es decir que los tratamientos no produjeron el mismo efecto en el rendimiento, siendo el tratamiento urea el que mejor se comportó en relación al tratamiento humus y humus + zeolita; pero comparte significancia con el tratamiento urea + zeolita, zeolita y el testigo.

- **Altura de planta**

Con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en ninguno de los 4 intervalos analizados, en relación a la altura de planta. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable, es decir es válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes (Ver apéndice 2 y 10).

El modelo que más se ajustó a todas las regresiones de la variable altura de planta fue el cúbico ($y = y_0 + ax + bx^2 + cx^3$). Observando los 6 gráficos podemos ver un crecimiento similar. La curva de crecimiento presentó en forma total la fase logarítmica o exponencial, la fase lineal y la fase de declinación de la tasa de crecimiento en todos los tratamientos (Fig. 4.2 a Fig. 4.7).

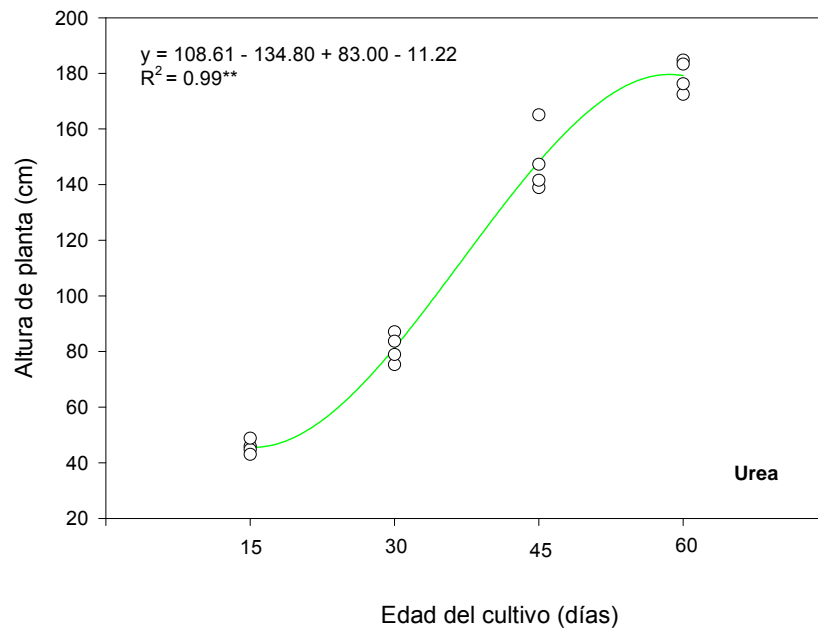


Figura 4.2. Regresión de altura de planta en el tratamiento 1 (Urea)

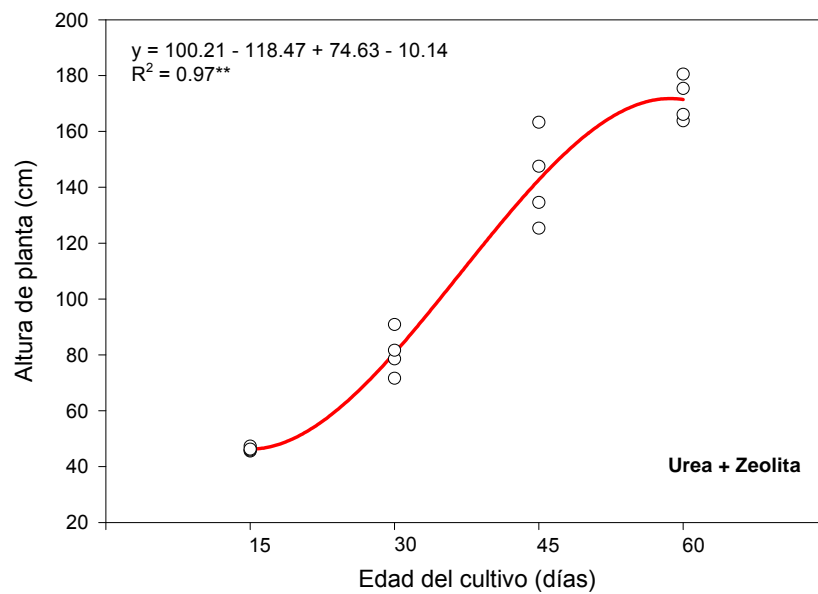


Figura 4.3. Regresión de altura de planta en el tratamiento 2 (U+Z)

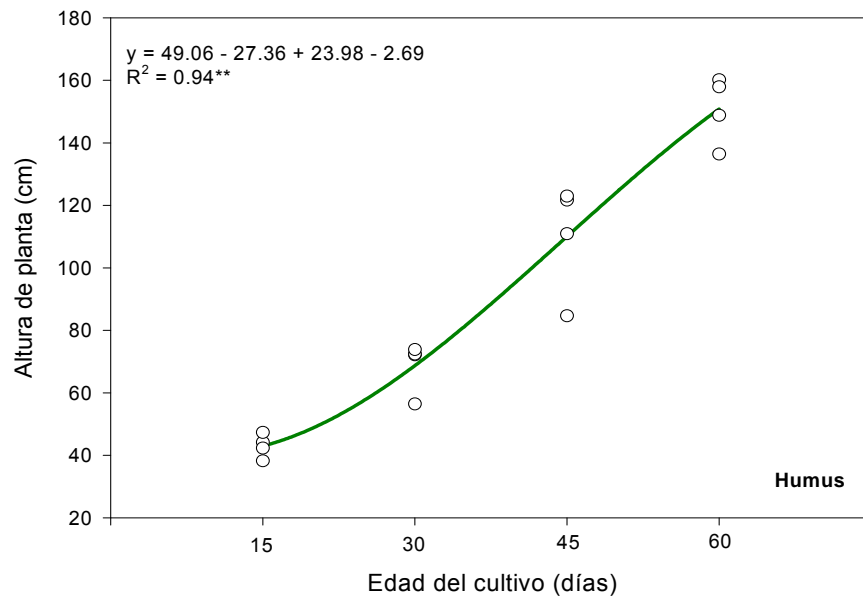


Figura 4.4. Regresión de altura de planta en el tratamiento 3 (Humus)

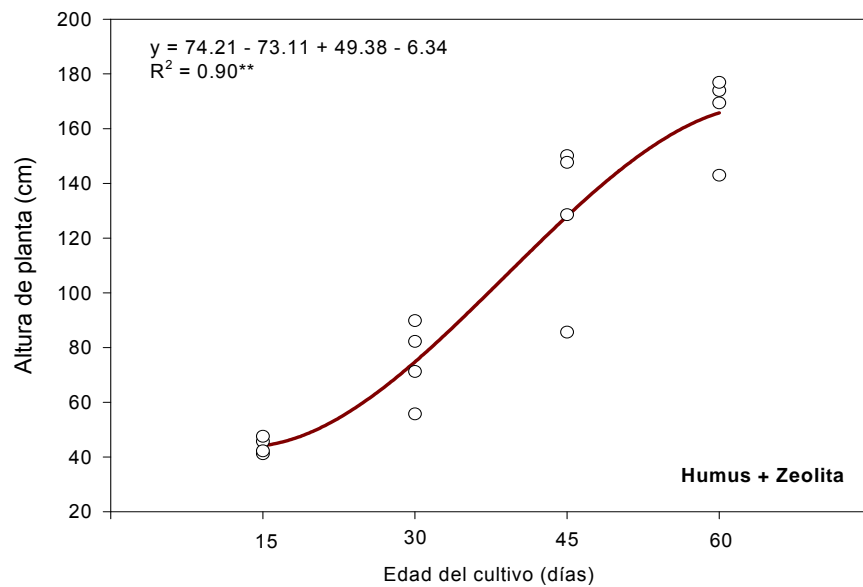


Figura 4.5. Regresión de altura de planta en el tratamiento 4 (H+Z)

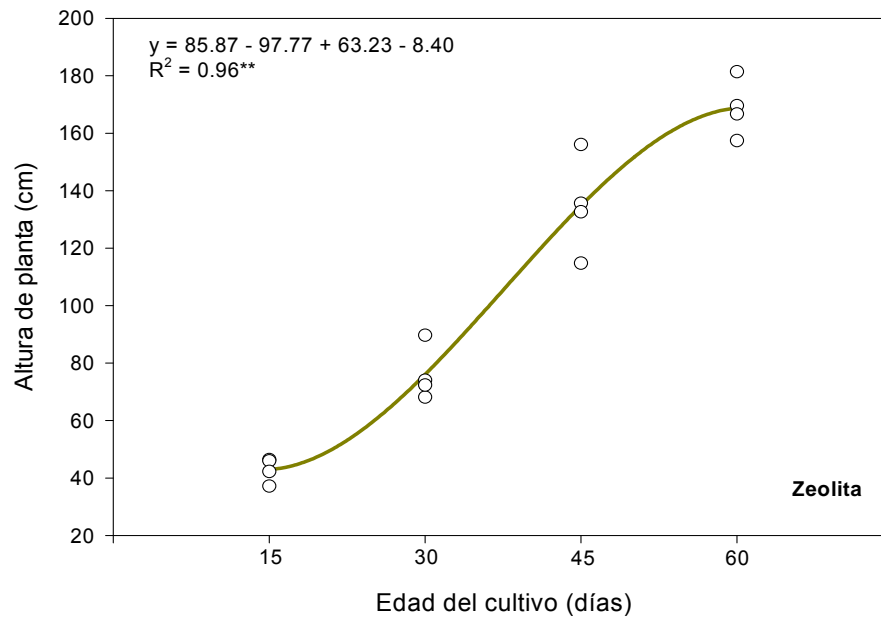


Figura 4.6. Regresión de la altura de planta en el tratamiento 5 (Zeolita)

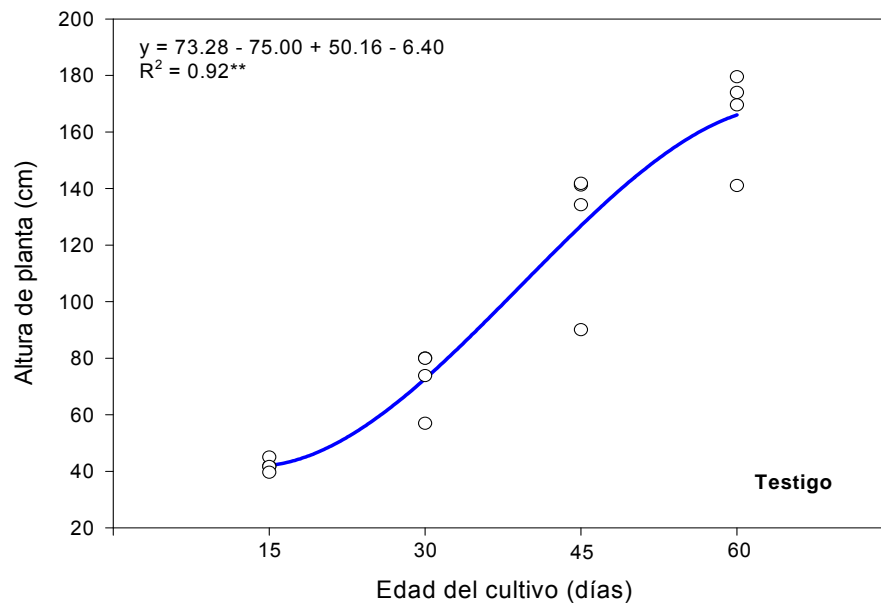


Figura 4.7. Regresión de la altura de planta en el testigo absoluto

- **Diámetro del tallo**

En la variable diámetro del tallo se hicieron 4 lecturas en un intervalo de 15 días cada una. No se encontró diferencia significativa en ningún intervalo de tiempo, es decir se acepta la hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales (Ver apéndice 3 y 11).

- **Longitud de la mazorca**

Con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en relación a la longitud de la mazorca. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable, es decir es válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes (Ver apéndice 4 y 12).

- **Diámetro de la mazorca**

Con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en relación al diámetro de la mazorca. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable, es decir es válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes (Ver apéndice 5 y 13).

- **Número de granos de mazorcas**

Con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en relación al número de granos de mazorcas. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable, es decir se acepta la hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales (Ver apéndice 6 y 14).

- **Peso de las mazorcas**

Con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en relación al peso de las mazorcas. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable, es decir es válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes (Ver apéndice 7 y 15).

- **Peso de granos por mazorca**

Con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en relación al peso de granos por mazorca. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable, es decir es válida la hipótesis nula de que los

tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes (Ver apéndice 8 y 16).

- **Peso seco del follaje**

Con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, en relación a la longitud de la mazorca. No hubo ningún efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable, es decir es válida la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa que los tratamientos son diferentes (Ver apéndice 9 y 17).

DISCUSIÓN

En la variable rendimiento se obtuvieron resultados donde el promedio fue 4.760 Kg/Ha, cifra dos veces mayor del promedio obtenido a nivel nacional (2.370 Kg./Ha). Cabe mencionar que estos resultados fueron obtenidos de manera experimental, bajo condiciones controladas, razón por la cual, se consiguieron mejores rendimientos, en comparación a la media nacional, debido a la interacción de diversos factores de manejo agronómico.

Con relación a los tratamientos evaluados, en la variable rendimiento, éstos tuvieron significancia estadística, siendo el tratamiento urea (5.980 Kg/Ha) el que mejor se comportó en relación a los tratamientos humus (3.693 Kg/Ha) y humus + zeolita (4.291 Kg/Ha). Pero éste mismo tratamiento compartió significancia con los tratamientos urea + zeolita (5.344 Kg/Ha), zeolita (4.920 Kg/Ha) y el testigo (4.333 Kg/Ha).

Estos resultados de la variable rendimiento, coinciden con los obtenidos por Estrada (2003), quien en un experimento realizado con zeolita en el cultivo de arroz, encontró que el tratamiento urea (4.140 Kg/Ha), fue estadísticamente significativo con relación al testigo (2.320 Kg/Ha). Además menciona ésta investigadora, que el tratamiento urea, compartía significancia con el tratamiento urea + zeolita (3.950 Kg/Ha). Cabe

mencionar que el porcentaje de zeolita empleada fue del 25%, a diferencia de este experimento que se uso un 20% de zeolita.

Según los datos obtenidos en este experimento, no se obtuvieron significancia estadística en las variables agronómicas del cultivo como altura de planta, diámetro del tallo, longitud de las mazorcas, diámetro de las mazorcas, granos por mazorca, y peso seco del follaje. Estos coincidieron con los obtenidos por Estrada (2003), en donde el comportamiento de las zeolitas en el cultivo del arroz fue similar.

Según los resultados de Avila, A, (2003), en experimentos realizados con la misma zeolita natural del BTEZ, en un ensayo de campo realizado en el CENAE, en el cultivo de pepino, tampoco encontró diferencias significativas en las variables de porcentaje de germinación, altura de planta y los en los porcentajes de floración y fructificación. Esto nos indica que posiblemente estas variables no son las indicativas cuando se quiere evaluar el efecto de las zeolitas (Estrada, 2003).

Mumpton, F. (1976), señala en una amplia revisión de trabajos realizados con zeolita, en cultivos como: maíz, sorgo, y trigo; que aunque las propiedades de las zeolitas han sido conocidas desde hace mucho tiempo, han sido en estos últimos años donde más trabajos se han experimentados, en sus aplicaciones física y químicas, existiendo diversos criterios ya que algunos investigadores han obtenido mayores

producciones en sus ensayos, otros no han mostrado significancia estadística, en sus trabajos científicos, debido a la acción de las zeolitas.

Según el análisis económico realizado, los tratamientos de urea y urea + zeolita, en comparación al testigo absoluto, alcanzaron tasas de retorno marginales muy por encima de la tasa mínima de retorno del 100%. Las tasas fueron del 338% y 211% respectivamente. Esto nos indica que la inversión en ambos tratamientos es recuperada y además se obtiene una ganancia por cada dólar invertido de \$3,4 y \$ 2,1., respectivamente.

Según los resultados de los análisis de suelo realizados en las muestras de cada unidad experimental a los 15 dds, y 45 dds, éstos presentaron en general, que la concentración de los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, y capacidad de Intercambio catiónico, no difirieron entre el primero y el segundo análisis efectuado.

En cuanto a los valores de pH, se encontraron variaciones entre los resultados del primer y segundo análisis, siendo los mismos 7,1 a 6,2 respectivamente, lo que indica que el pH del suelo, cambió desde neutro a ligeramente ácido. Esto posiblemente se deba a la interacción de varios factores, que interactúan en el mismo, tales como: origen del suelo, la lixiviación de elementos básicos y la fertilización nitrogenada (INPOFOS; 1988).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en el experimento, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- 1.** Estadísticamente, se obtuvieron los mejores resultados en la variable rendimiento, con el tratamiento urea, compartiendo significancia con los tratamientos urea + zeolita, zeolita y el testigo absoluto.
- 2.** El efecto combinado de urea + zeolita, en la variable rendimiento, obtuvo niveles altos, numéricamente por debajo de lo obtenido con el tratamiento de urea al 100%, pero compartiendo significancia en el mismo grupo.
- 3.** El efecto de los tratamientos de humus y de humus + zeolita, en la fertilización del cultivo de maíz no fue óptimo ya que alcanzó rendimientos (3.693Kg/Ha. y 4.291Kg/Ha., respectivamente) por debajo de los obtenidos con el tratamiento de urea (5.980 Kg/Ha). Esto es debido a que la urea es una fuente de nitrógeno de rápida liberación a diferencia del

humus orgánico que no contiene la misma cantidad de nitrógeno y que además es de lenta liberación de sus componentes.

4. Económicamente los tratamientos urea y urea más zeolita en comparación al testigo absoluto, alcanzaron tasas de retorno marginales muy por encima de la tasa mínima de retorno del 100%. Las tasas fueron del 338% y 211% respectivamente (Ver apéndice 18-20).

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones mencionadas anteriormente, se muestran las siguientes recomendaciones:

1. Realizar un nuevo experimento descartando los tratamientos que no presentaron diferencias significativas en las variables evaluadas, entre ellos los tratamientos humus, humus más zeolita y zeolita al 100%.
2. Los tratamientos propuestos en futuros experimentos, sean a base de combinaciones de urea + zeolita en diferentes proporciones, porcentajes que estén por encima del 20% que fue el utilizado en este experimento, ya que en el mismo, ese porcentaje no alcanzó los mismos rendimientos que el tratamiento de urea al 100%.
3. Utilizar una zeolita 100% pura, es decir que pase por un proceso de selección, en el que no contenga otro tipo de material (arcilla) como lo fue la utilizada en éste experimento, al trabajar con zeolita del Bloque Tecnológico Experimental de Zeolita (BTEZ), sin ningún tipo de purificación; o bien que el muestreo se lo realice de una manera selectiva, considerando solo las capas zeolitizadas.
4. Realizar un estudio de la degradación de los suelos por el uso de fertilizantes sintéticos (urea) y hacer una comparación económica al usar zeolitas, pues existen costos de enmienda de los suelos.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMETHYST GALLERIES, "Clasificación de las zeolitas", 2000.
<http://mineral.galleries.com/minerals/silicate/zeolites.htm>
2. ANÓNIMO, "Mejora de la capacidad fertilizante del estiércol tratándolo con zeolita", 2001. <http://www.ars.usda.gov/is/2001/011003.htm>
3. ARIAS ALBA, "Indicadores urbanos ciudad de Guayaquil", Mundo Gráfico, 2002, pp.27.
4. BOSH PEDRO y SCHIFTER ISAAC, "Qué es una zeolita en el laboratorio de análisis", 2002.
<http://www.omega.ILCE.edu.mx:3000/sities/ciencia/volumen1/ciecia2/55/htm/SEC 3.html>
5. BOSH PEDRO y SCHIFTER ISAAC, "Usos de las zeolitas", 2002.
<http://www.omega.ILCE.edu.mx:3000/sities/ciencia/volumen1/ciecia2/55/htm/SEC 5.html>
6. BRECK, D. W., "Zeolite Molecular Sieve", John Wiley and Sons, New York, 1974. pp. 771

7. CABOT P. FRANCISCO, "Propiedades y aplicaciones de las zeolitas. México".
8. CAMPOS R. EDUARDO, "Planta zeolítica para abastecimiento de agua en zonas de desastre", Universidad Autónoma de Puebla.
9. CASTELLANOS S. JOSÉ, "Las zeolitas, contribución al desarrollo sostenible".
10. CIMMYT, "Análisis de presupuesto parciales", 1989. pp 1-54
11. CIPIMM, "Aplicación de la zeolita en diversas ramas de la ciencia", Cuba, 1998
12. DÍAZ C. GORKY y ESTUPIÑÁN V. KLÉBER, "Maíz alternado con mucuna más fertilización para el incremento del rendimiento, control de malezas y reciclaje de nutrientes para pequeños productores de la parte alta de la Cuenca del río Guayas", Universidad técnica estatal de Quevedo, 2003.
13. GARCÍA FERNANDO O., "Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz.", 2002.
<http://www.elsitioagricola.com/articulos/garcia/Criterios.asp>
14. LORENTE H. JUAN, Biblioteca de la Agricultura (1ra. Edición, Editorial Lexus, 1997), pp. 472

15. MORANTE C. FERNANDO, "Proyecto geominero de zeolitas naturales en el campus politécnico Gustavo Galindo" (Tesis, Facultad e Ingeniería en Ciencias de la tierra, Escuela Superior politécnica del Litoral, 2002)
16. MORANTE C. FERNANDO, "Las Zeolitas de la Costa de Ecuador (Guayaquil): Geología, Caracterización y Aplicaciones". (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, 2004) pp. 122, 125, 139, 147
17. MUMPTON F. A. & ORMSBY W. C., "Clays Clay Miner", 1976, pp.24.
18. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES COLLOQUIUM, "Geology, Mineralogy, and Human Welfare", 1998,
<http://www.pnas.org/cgi/content/full/96/7/3463>
19. PARSONS M. DAVID, "Manuales para educación agropecuaria, Maíz" (2da. Edición, Editorial Trillas)
20. POND WILSON G., "Zeo-Agriculture. Use of Natural Zeolites in Agriculture and Acuaculture", (International Comitee on Natural Zeolites, New York, 1994), pp 95-105, 449-454
21. QUILAMBAQUI M., AYALA C., MORANTE F., "Usos de las zeolitas naturales" VLIR-ESPOL, 2002

22. QUILAMBAQUI, AYALA y MORANTE, "Efecto de las zeolitas naturales en el cultivo de fréjol en condiciones de vivero", 2003.
23. ROMERO CÉSAR, "Informe final del proyecto "Sustratos ecológicos a base de zeolitas naturales", 2000.
24. SERVIN LEONEL, "Metalurgia de minerales no metálicos", 2003, <http://www.monografias.com/trabajos/zeolitas/zeolitas.shtml>
25. SIW-1, "Soil and Irrigation water manual", Hach Company, 1992
26. SOFETY SORB, "101 fantásticos usos para la zeolita", 2000
27. SUQUILANDA M., "Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro", UPS Ediciones, Quito, 1997
28. VALENTE TELLEZ, "Los abonos agroecológicos", DESMI, A.C. <http://www.laneta.apc.org/biodiversidad/documentos/agroquim/abonorga/desmi.htm>
29. http://www.agripac.com.ec/agr_divisiones_agricola.asp
30. <http://www.agripac.com.ec/cultivos/maiz.htm>
31. <http://www.ecuaquimica.com/home1.htm>
32. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz3.asp>

APÉNDICE 1

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LAS VARIABLE

RENDIMIENTO (Kg/ha.)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	5265.6	4503.9	4024.7	4047.7	5600.6	5059.7
B2	6231.5	5099.1	3399.2	5219.9	4903.68	4232.8
B3	6355.1	5885.4	4629.8	3332.9	5038.8	4807.2
B4	6067.9	5887.7	2717.3	4563.0	4138.0	3233.1
Promedio	5980.0	5344.0	3692.8	4290.9	4920.3	4333.2

APÉNDICE 2

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE

ALTURA DE PLANTA (cm)

(1^{ra} LECTURA)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	45.9	45.5	38.2	45.6	46.4	41.8
B2	44.7	47.3	44.1	41.1	37.2	45.0
B3	43.0	45.9	47.3	42.2	45.9	41.7
B4	48.4	46.2	42.3	47.6	44.2	39.6
Promedio	45.5	46.2	43.0	44.1	43.4	42.0

ALTURA DE PLANTA (cm)

(2^{da} LECTURA)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	87.1	78.5	72.1	89.8	89.6	80.0
B2	83.7	90.8	72.4	71.2	68.1	79.9
B3	75.3	71.6	73.8	55.7	74.0	73.8
B4	78.9	81.6	56.4	82.2	72.3	57.0
Promedio	81.2	80.7	68.7	74.7	76.0	72.7

ALTURA DE PLANTA (cm)

(3^{ra} LECTURA)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	165.0	134.6	121.7	150.1	156.0	141.2
B2	147.3	163.3	110.9	128.5	114.8	141.8
B3	138.9	125.3	122.9	85.6	135.6	134.2
B4	141.5	147.5	84.6	147.7	132.7	90.1
Promedio	148.2	142.7	110.0	128.0	134.8	126.8

ALTURA DE PLANTA (cm)

(4^{ta} LECTURA)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	184.7	163.8	160.1	173.9	181.4	169.6
B2	172.5	180.5	148.8	169.3	157.4	174.0
B3	183.3	166.1	157.9	143.0	169.6	179.5
B4	176.2	175.4	136.4	176.9	166.7	141.1
Promedio	179.2	171.4	150.8	165.8	168.8	166.0

APÉNDICE 3

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LAS VARIABLE

DIÁMETRO DEL TALLO (cm)

(1^{ra} LECTURA)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	1.7	1.4	1.3	1.7	1.6	1.6
B2	2.5	1.7	1.7	1.4	1.3	2.3
B3	1.6	1.6	1.6	1.2	1.6	1.6
B4	1.6	1.8	1.3	1.8	1.6	1.3
Promedio	1.8	1.6	1.5	1.5	1.5	1.7

DIÁMETRO DEL TALLO (cm)

(2^{da} LECTURA)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	2.7	2.4	2.1	2.6	2.5	2.5
B2	2.4	2.5	2.2	2.2	2.1	2.4
B3	2.3	2.1	2.1	1.7	2.3	2.2
B4	2.1	2.3	1.7	2.2	2.2	1.8
Promedio	2.4	2.3	2.1	2.2	2.3	2.2

DIÁMETRO DEL TALLO (cm)**(3^{ra} LECTURA)**

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	Urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	2.9	2.1	2.3	2.4	2.5	2.3
B2	2.4	2.7	2.2	2.3	2.2	2.3
B3	2.6	2.3	2.4	1.9	2.4	2.3
B4	2.5	2.6	1.9	2.5	2.5	2.1
Promedio	2.6	2.4	2.2	2.3	2.4	2.3

DIÁMETRO DEL TALLO (cm)**(4^{ta} LECTURA)**

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	2.9	2.2	2.4	2.4	2.6	2.4
B2	2.6	2.8	2.2	2.4	2.3	2.5
B3	2.8	2.6	2.5	2.3	2.6	2.7
B4	2.6	2.8	2.0	2.5	2.5	2.2
Promedio	2.7	2.6	2.3	2.4	2.5	2.4

APÉNDICE 4

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE LONGITUD DE LA MAZORCA (cm)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	16.2	15.1	14.3	14.3	16.5	15.6
B2	15.8	15.7	13.3	16.2	15.1	15.5
B3	15.8	15.6	14.3	13.9	15.4	15.7
B4	15.7	16.2	14.0	15.4	13.9	11.0
Promedio	15.9	15.7	13.9	14.9	15.2	14.5

APÉNDICE 5

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE DIÁMETRO DE LA MAZORCA (cm)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	4.3	4.4	4.4	4.2	4.5	4.5
B2	4.4	4.4	4.2	4.6	4.4	4.4
B3	4.4	4.4	4.4	4.2	4.6	4.4
B4	4.4	4.6	4.3	4.5	3.8	3.9
Promedio	4.4	4.4	4.3	4.4	4.3	4.3

APÉNDICE 6

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE NUMERO DE GRANOS POR MAZORCA

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	420.5	339.1	333.3	365.2	362.7	354.2
B2	394.0	417.2	318.9	403.9	376.1	365.7
B3	396.0	384.5	320.5	302.2	362.0	359.8
B4	372.5	416.6	324.0	385.6	346.9	235.5
Promedio	395.7	389.4	324.2	364.3	361.9	328.8

APÉNDICE 7

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE PESO DE LAS MAZORCAS (g)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	143.1	140.0	135.4	124.5	152.3	162.1
B2	152.8	153.7	106.8	175.0	143.1	157.5
B3	157.2	131.5	132.5	107.6	159.7	158.1
B4	161.3	175.5	79.8	155.6	128.5	80.3
Promedio	153.6	150.2	113.6	140.7	145.9	139.5

APÉNDICE 8

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE PESO DE GRANOS POR MAZORCA (g)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	101.8	95.1	89.5	82.8	105.0	100.4
B2	104.4	100.5	76.4	112.9	95.1	94.1
B3	104.6	91.7	89.6	75.1	109.4	95.9
B4	103.7	110.0	64.0	101.7	85.3	52.3
Promedio	103.6	99.3	79.9	93.1	98.7	85.7

APÉNDICE 9

PROMEDIO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA VARIABLE PESO SECO DEL FOLLAJE (lb)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloques	urea	u + z	humus	h + z	zeolita	testigo
B1	3.8	2.3	3.1	3.1	4.0	3.2
B2	3.6	4.0	2.0	3.8	2.0	3.9
B3	3.4	2.5	2.1	2.0	3.7	3.9
B4	3.1	3	2.0	3.4	4.0	2.0
Promedio	3.5	2.9	2.3	3.1	3.4	3.2

APÉNDICE 10

Análisis de varianza de altura de planta en el cultivo de maíz con 6 tratamientos CENAE 2004 (1^{ra} Lectura)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	49.9	10.0	0.45 N.S
Repetición	3	7.2	2.4	0.87 N.S
Error Experimental	15	149.7	10.0	

Coeficiente de Variación = 7.17%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

Análisis de varianza de altura de planta en el cultivo de maíz con 6 tratamientos CENAE 2004 (2^{da} Lectura)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	426.6	85.3	0.40 N.S
Repetición	3	623.8	207.9	0.08 N.S
Error Experimental	15	1171.3	78.1	

Coeficiente de Variación = 11.7%

**Análisis de varianza de altura de planta en el cultivo de maíz con 6
tratamientos CENAE 2004 (3^{ra} Lectura)**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	3640.7	728.1	0.15 N.S
Repetición	3	1799.0	599.7	0.24 N.S
Error Experimental	15	5742.1	382.8	

Coeficiente de Variación = 14.85%

**Análisis de varianza de altura de planta en el cultivo de maíz con 6
tratamientos CENAE 2004 (4^{ta} Lectura)**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	1744.0	348.8	0.09N.S
Repetición	3	310.1	103.4	0.57N.S
Error Experimental	15	2220.4	148.0	

Coeficiente de Variación = 7.3%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

APÉNDICE 11

Análisis de varianza de diámetro del tallo en el cultivo de maíz con 6 tratamientos CENAE 2004 (1^{ra} Lectura)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	0.35	0.07	0.51 N.S
Repetición	3	0.30	0.10	0.32 N.S
Error Experimental	15	1.20	0.08	

Coeficiente de Variación = 17.34%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

Análisis de varianza de diámetro del tallo en el cultivo de maíz con 6 tratamientos CENAE 2004 (2^{da} Lectura)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	0.23	0.05	0.38 N.S
Repetición	3	0.61	0.20	0.01 N.S
Error Experimental	15	0.61	0.04	

Coeficiente de Variación = 9%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

**Análisis de varianza de diámetro del tallo en el cultivo de maíz con 6
tratamientos CENAE 2004 (3^{ra} Lectura)**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	0.43	0.08	0.18 N.S
Repetición	3	0.03	0.01	0.89 N.S
Error Experimental	15	0.73	0.05	

Coeficiente de Variación = 9.3%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

**Análisis de varianza de diámetro del tallo en el cultivo de maíz con 6
tratamientos CENAE 2004 (4^{ta} Lectura)**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	0.49	0.09	0.10 N.S
Repetición	3	0.07	0.02	0.67 N.S
Error Experimental	15	0.65	0.04	

Coeficiente de Variación = 8.3%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

APÉNDICE 12

Análisis de varianza de longitud de la mazorca en el cultivo de maíz en 6 tratamientos CENAE 2004

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	10.51	2.10	0.24NS
Repetición	3	3.86	1.28	0.45NS
Error Experimental	15	20.78	1.38	

Coeficiente de Variación = 7.83%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

APÉNDICE 13

Análisis de varianza de diámetro de la mazorca en el cultivo de maíz en 6 tratamientos CENAE 2004

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	0.04	0.008	0.96N.S
Repetición	3	0.08	0.028	0.63N.S
Error Experimental	15	0.71	0.047	

Coeficiente de Variación = 4.97%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

APÉNDICE 14

Análisis de varianza de número de granos por mazorca en el cultivo de maíz en 6 tratamientos CENAE 2004

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	17659.03	3531.81	0.06N.S
Repetición	3	3510.04	1170.01	0.47N.S
Error Experimental	15	19823.73	1321.58	

Coeficiente de Variación = 10.07%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

APÉNDICE 15

Análisis de varianza de peso de las mazorcas en el cultivo de maíz en 6 tratamientos CENAE 2004

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	4070.73	814.15	0.36N.S
Repetición	3	1028.14	342.71	0.69N.S
Error Experimental	15	10269.38	684.62	

Coeficiente de Variación = 18.61%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

APÉNDICE 16

Análisis de varianza de peso de granos por mazorca en el cultivo de maíz en 6 tratamientos CENAE 2004

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	1640.62	328.12	0.20N.S
Repetición	3	440.87	146.96	0.54N.S
Error Experimental	15	2951.81	196.79	

Coeficiente de Variación = 15.02%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

APÉNDICE 17

Análisis de varianza de peso seco del follaje en el cultivo de maíz en 6 tratamientos CENAE 2004

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Total	23			
Tratamiento	5	3.72	0.74	0.36N.S
Repetición	3	0.60	0.20	0.81N.S
Error Experimental	15	9.41	0.62	

Coeficiente de Variación = 25.70%

** = Altamente significativo al 5 % de probabilidad

* = Significativo al 5 % de probabilidad

N.S = No significativo

APÉNDICE 18

PRESUPUESTO PARCIAL DEL ENSAYO EFECTO DE LAS ZEOLITAS NATURALES EN EL CULTIVO DE MAIZ. CENAE 2004

	T1 Urea	T2 U+Z	T3 Humus	T4 H+Z	T5 Zeolita	T6 Testigo
Rendimiento (Kg/ha)	5.980	5.344	3.693	4.291	4.920	4.333
Rendimiento ajustado (Kg/ha)	5.681	5.077	3.508	4.076	4.674	4.116
Precio maíz Kg/\$	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
Beneficio bruto \$	1,124.9	1,005.3	694.6	807.1	925.5	815.0
Costo urea (\$/ha)	65.7	52.6	0	0	0	0
Costo zeolita (\$/ha)	0	3.5	0	256	175.2	0
Costo humus (\$/ha)	0	0	2,400	1,920	0	0
Costo aplicación (\$/ha)	5	5	5	10	5	0
Total de costos que varían (\$/ha)	70.7	61.1	2,405.0	2,186.0	180.2	0
Beneficio neto \$	1,054.2	944.2	-1,710.4	-1,379.0	745.3	815.0

APÉNDICE 19
ANÁLISIS DE DOMINANCIA

Tratamiento	Costos que varían	Beneficio neto	Dominancia
6 (testigo)	0	815.0	No dominado
2 (urea + zeolita)	61.1	944.2	No dominado
1 (urea)	70.7	1,054.2	No dominado
5 (zeolita)	180.2	754.3	Dominado
4(humus+ zeolita)	2,186.0	-1,379.0	Dominado
3 (humus)	2,405.0	-1,710.4	Dominado

APÉNDICE 20

ANÁLISIS MARGINAL DE LOS TRATAMIENTOS NO DOMINADOS

Tratamiento	Beneficio neto \$	Beneficio marginal \$	Costos que varían \$	Costos marginales \$	Tasa de retorno marginal
6 (testigo)	815.0	129.2	0.0	61.1	211%
2 (urea+zeolita)	944.2	239.2	61.1	70.7	338%
1 (urea)	1,054.2		70.7		

APÉNDICE 21

ANÁLISIS DE SUELO EN LA ETAPA INTERMEDIA DEL ENSAYO

	T1B1 urea	T2B1 u + z	T3B1 humus	T4B1 h + z	T5B1 zeolita	T6B1 testigo	T1B2 urea	T2B2 u + z	T3B2 humus	T4B2 h + z	T5B2 zeolita	T6B2 testigo
Salinidad (mS/cm)	0.13	0.10	0.07	0.10	0.07	0.05	0.06	0.06	0.04	0.08	0.06	0.11
pH	7.2	7.1	7.1	7.1	7.0	7.2	7.0	7.2	7.0	7.2	7.1	7.1
Acidez meq/100g	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
Nitrógeno (ppm)	9.2	7.6	6.0	7.0	6.0	4.0	5.6	5.0	5.0	4.0	4.6	7.2
Fósforo (mg/l)	7.7	18.1	10.9	9.9	12.9	8.6	6.9	12.5	7.7	8.2	7.7	71.3
Calcio+Magnesio (meq/100g)	58.5	53.5	63.0	51.5	56.0	58.0	53.0	61.0	57.0	55.0	52.5	56.0
Potasio (meq/100g)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
Sodio (meq/100g)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	14.8	8.9	14.8	0.96	17.8	12.8
CIC (meq/100g)	74.3	69.3	79.0	67.3	71.8	73.8	82.6	84.7	86.6	71.0	85.1	83.7

Parámetros normales

Elemento	Bajo	Medio	Alto
N (ppm)	< 31.0	31.0 – 40.0	> 40.0
P (mg/l)	< 8.0	8.0 – 14.0	> 14.0
K (meq/100g)	< 2.0	2.0 – 3.8	> 3.8
Ca+Mg (meq/100g)	< 51.0	51.0 – 89.0	>89.0

Fuente: INIAP, 2005

APÉNDICE 22

ANÁLISIS DE SUELO EN LA ETAPA FINAL DEL ENSAYO

	T1B1 urea	T2B1 u + z	T3B1 humus	T4B1 h + z	T5B1 zeolita	T6B1 testigo	T1B2 urea	T2B2 u + z	T3B2 humus	T4B2 h + z	T5B2 zeolita	T6B2 testigo
Salinidad (mS/cm)	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.07	0.06
pH	6.2	6.1	6.1	6.4	6.2	6.0	6.2	6.4	6.0	6.1	6.4	6.3
Acidez meq/100g	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Nitrógeno (ppm)	10.0	7.67	10.0	9.7	5	6.7	31.3	8.3	9.3	6.3	16	9.3
Fósforo (mg/l)	4.4	5.5	9.9	4.4	9.9	8.8	6.1	8.8	6.1	7.7	14.3	8.8
Calcio+Magnesio (meq/100g)	50.0	49.0	57.5	58.0	54.5	52.5	56.5	52.0	59.0	49.5	52.5	57.0
Potasio (meq/100g)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
Sodio (meq/100g)	17.8	16.8	12.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CIC (meq/100g)	81.0	78.8	83.4	72.6	68.7	66.7	70.7	66.4	72.8	63.3	67.1	71.4

Parámetros normales

Elemento	Bajo	Medio	Alto
N (ppm)	< 31.0	31.0 – 40.0	> 40.0
P (mg/l)	< 8.0	8.0 – 14.0	> 14.0
K (meq/100g)	< 2.0	2.0 – 3.8	> 3.8
Ca+Mg (meq/100g)	< 51.0	51.0 – 89.0	> 89.0

Fuente: INIAP, 2005

APENDICE 23



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS LABORATORIO DE SUELOS - PLANTAS Y AGUAS

FECHA: 07 / Nov / 2002 NOMBRE DEL INTERESADO: CENAE
 NOMBRE DE LA HACIENDA: CENAE NOMBRE DEL REMNENTE: Ing. Agr. Javier Del Cospe
 FECHA DE MUESTREO: 07 / Nov / 2002 INGRESO: 08 / Nov / 2002
 LOCALIZACIÓN DEL PR. PARRÓQUIA: _____ CANTÓN: Guasquí PROVINCIA: Guayas

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO (S)

Número de Laboratorio	Identificación Agrotitor	pH	mmhos / cm		meq / 100 gr. suelo					microgramos / mililitros de suelo					
			C.E.	M.O. (%)	K	Ca	Mg	N	P	Fe	Cu	Mn	Zn	B	S
1	Muestra 1	7.3 PN		2.3	0.38 M	10.2 A	1.6 A	40 M	8 M	80 A	3.2 B	17 A	0.94 B		
2	Muestra 2	7.3 PN		2.8	0.41 A	11.4 A	3.9 A	58 M	10 M	88 A	3.4 B	15 A	1.10 B		
3	Muestra 3	7.6 L AI		2.1	0.29 M	12.3 A	4.2 A	36 B	12 M	92 A	2.5 B	13 A	1.20 B		
4	Muestra 4	7.4 PN		1.6	0.31 M	10.6 A	3.6 A	32 M	10 M	110 A	2.5 B	18 A	0.94 B		
5	Muestra 5	7.3 PN		1.4	0.40 A	11.9 A	3.5 A	42 M	12 M	122 A	2.7 B	16 A	1.22 B		

CÓDIGO DE CLASIFICACIÓN

A - Alto
 M - Medio
 B - Bajo

Ac - Acido
 L A - Ligeramente acido
 P N - Prácticamente Neutro
 L AI - Ligeramente alcalino
 AI - Alcalino

Jefe de Laboratorio

Solución extractante de Olsen modificado
 Bicarbonato de Sodio y E.D.T.A.