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. Ing. Miguel Quilambaqui J.

DECANO DE LA FIMCP DIRECTOR DE TESIS

PRESIDENTE

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ing. Haydee Torres C. Ing. Fernando Morante C.

VOCAL 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. Propiedades físico-químicas de las zeolitas……………………………6
      1. Capacidad de intercambio catiónico…………………………….7
      2. Capacidad de adsorción………………………………………….8
      3. Propiedades ácido base………………………………………….9
      4. Caracterización mineralógica de las zeolitas naturales del Bloque tecnológico experimental de la zeolita (BTEZ) de la ESPOL…………………………………………………………….10
   2. Clasificación de las zeolitas…………………………………………….13
   3. Usos de las zeolitas……………………………………………………..15
      1. Aplicación agropecuaria de las zeolitas……………………….19

**CAPITULO 2**

1. EL CULTIVO DE MAIZ………………………………………………………..24
   1. [Características morfológicas. Botánica](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/#2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS. BOTÁNICA)………………………………..24
   2. Desarrollo vegetativo del maíz…………………………………………26
   3. [Genética del maíz](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/#4. GENÉTICA DEL MAÍZ)………………………………………………………..26
   4. [Exigencias edafoclimáticas](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/#5. EXIGENCIAS EDAFOCLIMÁTICAS)……………………………………………..27
      1. [Exigencias de clima](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/#5.1. EXIGENCIA DE CLIMA)……………………………………………..27
         1. [Pluviometría y riegos](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/#5.1.1. PLUVIOMETRÍA Y RIEGOS)………………………………….27
      2. [Exigencias en suelo](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/#5.2. EXIGENCIAS EN SUELO)……………………………………………..30
   5. [Labores culturales](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz2.asp)……………………………….……………………....30
      1. [Preparación del terreno](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz2.asp)…………………………………………30
      2. Siembra…………………………………………………………...30
      3. [Fertilizantes](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz2.asp) y abonos orgánicos……………………………….31
         1. Fertilizantes químicos…………………………………32
         2. Abonos orgánicos……………………………………...35
            1. Humus de lombriz………………………….36
      4. Control de malezas………………………………………………40
      5. Raleo………………………………………………………………41
   6. Cosecha………………………………………………………..…………42
   7. [Conservación](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz3.asp)…………………………………………………………….42
   8. Manejo de [plagas](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz3.asp) y enfermedades…………………………………….43
      1. Plagas……………………………………………………………..43
      2. Enfermedades……………………………………………………45

## CAPITULO 3

1. MATERIALES Y METODOS…………………………………………………48
   1. Ubicación del ensayo……………………………………………………48
   2. Materiales a usarse……………………………………………………...49
      1. De campo…………………………………………………………49
         1. Materiales………………………………………………49
         2. Insumos…………………………………………………49
      2. De laboratorio……………………………………………….……49
   3. Metodología y manejo de la investigación…………………………….50
      1. Diseño experimental…………………………………………….50
      2. Instalación del ensayo…………………………………………..51
      3. Medición de variables…………………………………………...56
      4. Análisis de datos…………………………………………………60
      5. Análisis económico………………………………………………61

### CAPITULO 4

1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN……………………………………………….62

### CAPITULO 5

1. 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

ºC Grados Centígrados

DBCA Diseño de bloques completamente al azar

d.d.s. Días después de la siembra

g Gramo

g/cm3 Gramo por centímetro cúbico

g/ton Gramo por tonelada

Ga Galio

Ge Germanio

Ha Hectárea

H2O Agua

K Potasio

kg Kilogramo

kg/Ha Kilogramo por hectárea

Kg/m2 Kilogramo por metro cuadrado

Kg/ton Kilogramo por tonelada

l Litro

lb Libra

m Metro

m2 Metro Cuadrado

m3 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

NH3 Amoníaco

NH4 Nitrógeno amoniacal

NH4Cl Cloruro de amonio

NO3 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