##### CAPITULO 3

1. **MATERIALES Y METODOS**
	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 26o C. Presenta una precipitación promedio anual de 620 mm, clasificándose la zona como Bosque Seco Tropical (3).

* 1. **Materiales a usarse**
		1. **De campo**
			1. **Materiales**
* Cañas
* Pintura
* Cinta
* Balde
* Machete
* Pala
* Sacos
* Rótulos de identificación
* Fundas plásticas de 10 x 20 cm
	+ - 1. **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
	+ 1. **De laboratorio**
* Balanza de precisión, marca Ohaus, capacidad 510 g
* Kit SIW-1de análisis de suelo, marca Hach
* Molino de discos
* Tamiz de malla # 12
* Cámara digital, marca Sony Cyber Shot
* Estufa marca Binder
	1. **Metodología y manejo de la investigación**
		1. **Diseño experimental**

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

Yij = u + Ti + Bj + Eij

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/16m2** | **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).

* + 1. 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 Agropecauria, 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 parémetros: pH, salinidad, acidez, nitrógeno, fósforo, potasio, Calcio + Magnesio, Sodio, requerimiento de cal existente en el suelo y capacidad de intercambio catiónico (CIC) (25).

* + 1. **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 ésto, 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.

* + 1. **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 ≤ 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.

* + 1. **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).