



INIAP INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Estación Experimental Santa Catalina

FECHA DE PRESENTACIÓN: Diciembre, 2012

ESTACIÓN EXPERIMENTAL: Santa Catalina

PROGRAMA/DEPARTAMENTO: Maíz / Manejo de Suelos y Aguas

PROYECTO: INIAP-SENESCYT (Programa de Maíz)
INIAP-IPNI (Departamento de Manejo de Suelos y Aguas)

TÍTULO: Evaluación de la metodología de Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE) con dos variedades de maíz (mejorada y local), en la provincia de Imbabura.

UBICACIÓN: Provincia: Imbabura
Cantón: Cotacachi
Parroquia: El Sagrario
Localidad: Hda. Tunibamba

AUTOR: Egdo. Juan Pablo Aguinaga Bósquez

CO AUTOR(S): Ing. MSc. Carlos Yáñez
Ing. MSc. Franklin Valverde
Soraya Alvarado, Ph.D

FECHA DE INICIO: Diciembre del 2012

FECHA DE TERMINACIÓN: Diciembre del 2013

PRESUPUESTO: \$10988,68

FUENTES DE FINANCIAMIENTO: 50% INIAP-SENESCYT (Programa de Maíz)
50% INIAP-IPNI (Departamento de Manejo de Suelos y Aguas)

I. ANTECEDENTES

El maíz en la sierra del Ecuador es de singular relevancia debido a la gran cantidad de terreno destinado a su producción y al papel que cumple como componente básico de la dieta de la población rural (Yáñez 2007). La superficie cosechada de maíz de altura en seco en el 2010 fue de 48 013 ha, con una producción total de 20 422 t y un rendimiento promedio de 0.425 t/ha. En Imbabura, la producción de maíz suave seco en el 2010 alcanzó una superficie cosechada de 1 691 ha, una producción de 2 063 t y un rendimiento de 1.21 t/ha (INEC 2012).

El desequilibrio nutrimental es un factor determinante en la pérdida de la fertilidad del suelo, debido a que la extracción de nutrientes en las cosechas provoca que más nutrientes minerales salgan del suelo, comparados con los que se reponen a través de la fertilización. La salida de nutrientes con el cultivo de maíz bajo un manejo tradicional es de 74.5 kg nitrógeno (N)/ha, 15.8 kg fósforo (P)/ha, 67.4 kg potasio (K)/ha en mazorca y residuos, con un rendimiento en grano de 2.4 t/ha. Mientras que con un manejo de fertilización completa, las salidas de nutrientes alcanzan 132.5 kg N/ha, 24.6 kg P/ha, 149 kg K/ha en mazorca y residuos, con un rendimiento en grano de 5.5 t/ha (Alvarado *et al.* 2011).

Subsecuentemente, el crecimiento vegetativo y la necesidad de suplementar nutrientes al maíz, varía apreciablemente entre lotes, entre épocas climáticas dentro del año y entre años de producción. Esto da lugar a diferentes condiciones de crecimiento y manejo del cultivo que no pueden ser detectadas por el análisis químico de suelos. Frente a esta particularidad, surge la metodología de Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE), que busca entregar nutrientes a la planta en la forma y momento en que los necesite. Es así que el MNSE, permite ajustar dinámicamente el uso de fertilizantes para llenar efectivamente el déficit que ocurre entre la necesidad total de nutrientes para obtener rendimientos altos y el aporte de nutrientes provenientes de las fuentes nativas del suelo. En esencia se busca obtener altos rendimientos y alta eficiencia de uso de los nutrimentos por el cultivo. En el caso del maíz se espera cosechar la mayor cantidad de grano por unidad de fertilizante utilizado (Witt *et al.* 2007).

Esta forma de manejo ha sido utilizada por el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la EESC-INIAP en la provincia de Bolívar con excelentes resultados alcanzando rendimientos de hasta 7 t/ha (Alvarado *et al.* 2011).

Estudios realizados en ensayos de omisión de N, P, Mg, S bajo la metodología de MNSE en maíz en la provincia de Bolívar mostraron como nutriente limitante principal al N seguido por el P. Por lo tanto, la recomendación para este elemento está en función del P removido en el grano. La recomendación para el caso del K también está orientada a reponer la exportación en el grano. Al mantener los residuos en el campo, se puede eliminar la fertilización con K. En términos generales se recomienda ampliar los estudios con el uso de parcelas de omisión a otros elementos, por ejemplo el zinc (Zn), que es un micronutriente deficiente en muchos suelos ecuatorianos (Alvarado *et al.* 2011).

II. JUSTIFICACIÓN

La metodología MNSE ha sido implementada con el cultivo de maíz en la provincia de Bolívar con excelentes resultados por lo que se espera a través del uso de esta metodología, validar nuevas alternativas de fertilización química con énfasis en N, P, K, S, Zn, Mn y B en suelos de la provincia de Imbabura.

El presente estudio contribuirá directamente a mejorar la fertilidad de los suelos de esta provincia; así como a obtener mayores rendimientos favoreciendo la economía de los agricultores.

III. OBJETIVOS

General

Evaluar la metodología de MNSE en dos variedades de maíz, INIAP-122 “Chaucho mejorado” y Chaucho (material local), en la provincia de Imbabura.

Específicos

- Determinar el o los nutrientes limitantes en la producción de maíz de las variedades INIAP-122 y Chaucho, aplicando el MNSE en la provincia de Imbabura.
- Cuantificar el rendimiento potencial de las variedades de maíz en la zona de estudio.
- Generar recomendaciones prácticas y sencillas del MNSE para el cultivo de maíz en la provincia de Imbabura para difundir entre extensionistas y agricultores.

IV. HIPÓTESIS

Ho: La aplicación de nutrientes al suelo y follaje no influye en el rendimiento y calidad de grano de las variedades en estudio.

Ho: Los requerimientos de fertilización para las variedades de maíz INIAP-122 “Chaucho mejorado” y Chaucho (local) son iguales.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales y equipos

5.1.1. Material biológico

- Semilla de maíz
 - INIAP-122 “Chaucho mejorado”
 - Chaucho (material local)
- Fertilizantes inorgánicos.

Edáficos

- Urea 46% de N
- Superfosfato triple (SFT) 46% de P₂O₅
- Muriato de K 60% de K₂O
- Azufre (S) elemental 33% de S

Foliales

- Quelato de zinc (Zn) al 8%
- Quelato de manganeso (Mn) al 10%
- Quelato de boro (B) al 20,5%

5.1.2. Materiales y equipos de campo

- **Materiales**

- Plaguicidas
- Baldes plásticos
- Flexómetro
- Estacas
- Piola
- Libro de campo
- Tablas de color

- **Equipos**

- Tractor
- Surcadora
- Azadones
- Bomba de mochila
- Cámara fotográfica
- GPS (Global Position System)
- Medidor de clorofila
- Altimetro

5.1.3. Materiales y equipos de oficina

- Esferos
- Lápices
- Papel Bond
- Computadora
- Impresora
- Calculadora

5.2. Metodología

5.2.1. Ubicación del experimento

5.2.2. Localización política

Cuadro 1. Localización del ensayo de MNSE.

	Localidad
Provincia	Imbabura
Cantón	Cotacachi
Parroquia	El Sagrario
Sitio	Hda. Tunibamba

5.2.3. Situación geográfica y climática

Cuadro 2. Situación geográfica y climática de la localidad del ensayo de MNSE.

	Localidad
Altitud ¹	2422 msnm
Latitud ¹	0°19'08" N
Longitud ¹	78°15'35" O
Temperatura media anual ²	14 °C
Precipitación media anual ²	1162.4 mm

5.2.4. Zona de vida

El Sagrario está ubicado en el piso altitudinal premontano, presenta un clima temperado subhúmedo.

5.2.5. Características químicas del suelo

Según Mejía (1986), el suelo en la provincia de Imbabura pertenece al orden de los Molisoles.

¹ Datos de campo tomados con GPS por el Departamento de Maíz del INIAP.

² Datos tomados por la Estación Meteorológica Cotacachi del INAMHI.

Cuadro 3. Características químicas de suelo del ensayo de Manejo de Nutrientes por Sitio Especifico (MNSE) ubicado en la Hda. Tunibamba, Cotacachi – Imbabura³.

Elemento	Unidad⁴	Concentración⁵	
N	ppm	27.00	B
P	ppm	18.00	M
S	ppm	14.00	M
K	meq/100 ml	0.43	A
Ca	meq/100 ml	7.90	M
Mg	meq/100 ml	3.70	A
Zn	ppm	0.80	B
Cu	ppm	6.30	A
Fe	ppm	68.00	A
Mn	ppm	4.20	B
B	ppm	0.90	B
MO	%	3.20	M

pH = 6.89 (Prácticamente neutro)

³Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la E.E. Santa Catalina. 2012. Reporte de análisis de suelos. (correspondencia personal). Quito. EC.

⁴Unidades de concentración, ppm = Partes por millón, meq/100 ml suelo = miliequivalentes por 100 mililitros de suelo.

⁵Interpretación de concentración, A = Alto, M= Medio, B = Bajo.

5.2.6. Factores en estudio

F1: Variedades de maíz

- V1: INIAP 122 – Chaucho Mejorado
- V2: Chaucho (V. local)

F2: Fertilización

- Completa macronutrientes
 - F1: N, P, K, S (FC)
- Omisión
 - F2: P, K, S (-N)
 - F3: N, K, S (-P)
 - F4: N, P, S (-K)
 - F5: N, P, K (-S)
- Adición
 - F6: T0 + N
 - F7: T0 + P
 - F8: T0 + K
 - F9: T0 + S
- Completa macro y micronutrientes (Zn, Mn y B) f: foliar
 - F10: FC + f (Zn, Mn, B)
- Omisión (micronutrientes)
 - F11: FC + f (Mn, B) (-Zn)
 - F12: FC + f (Zn, B) (-Mn)
 - F13: FC + f (Zn, Mn) (-B)
- F14: Testigo absoluto (T0)
- F15: Agricultor

Los nutrientes que se consideran en el factor “fertilización” han sido seleccionados basándose en el análisis químico de suelo, así como el grado de requerimiento de los mismos por parte del cultivo de maíz.

5.2.7 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos resultantes de la combinación de los factores: variedad x fertilización se describen en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos (V x F) del ensayo de MNSE.

Tratamientos	Variedad	Fertilización	Descripción
1	INIAP-122	N-P-K-S	Parcela con aplicación completa de NPKS. Usada para estimar la eficiencia de recuperación de N, P, K y S de los fertilizantes.
2	INIAP-122	P-K-S	Parcela de omisión de N, con aplicación de suficiente cantidad de P, K y S. Usada para medir el suplemento efectivo de N nativo del suelo (absorción total de N por el cultivo cuando no se aplica N).
3	INIAP-122	N-K-S	Parcela de omisión de P, con aplicación de suficiente cantidad de N, K y S. Usada para medir el suplemento efectivo de P nativo del suelo (absorción total de P por el cultivo cuando no se aplica P).
4	INIAP-122	N-P-S	Parcela de omisión de K, con aplicación de suficiente cantidad de N, P y S. Usada para medir el suplemento efectivo de K nativo del suelo (absorción total de K por el cultivo cuando no se aplica K).
5	INIAP-122	N-P-K	Parcela de omisión de S, con aplicación de suficiente cantidad de N, P y K. Usada

			para medir el suplemento efectivo de S nativo del suelo (absorción total de S por el cultivo cuando no se aplica S).
6	INIAP-122	T0 + N	Parcela de adición de N, con aplicación de suficiente cantidad de N (absorción total de N por el cultivo cuando se aplica solo N).
7	INIAP-122	T0 + P	Parcela de adición de P, con aplicación de suficiente cantidad de P (absorción total de P por el cultivo cuando se aplica solo P).
8	INIAP-122	T0 + K	Parcela de adición de K, con aplicación de suficiente cantidad de K (absorción total de K por el cultivo cuando se aplica solo K).
9	INIAP-122	T0 + S	Parcela de adición de S, con aplicación de suficiente cantidad de S (absorción total de S por el cultivo cuando se aplica solo S).
10	INIAP-122	FC + f	Aplicación de fertilización completa (N, P, K, S), más fertilización foliar de micronutrientes (Zn, Mn, B).
11	INIAP-122	(FC + f) - Zn	Parcela de omisión de Zn foliar. Aplicación de fertilización completa (N, P, K, S), más fertilización foliar de micronutrientes (Mn, B). Absorción total de Zn por el cultivo cuando no se aplica Zn.
12	INIAP-122	(FC + f) - Mn	Parcela de omisión de Mn foliar. Aplicación de fertilización completa (N, P, K, S), más fertilización foliar de micronutrientes (Zn, B). Absorción total de Mn por el cultivo cuando no se aplica Mn.
13	INIAP-122	(FC + f) - B	Parcela de omisión de B. Aplicación de fertilización completa (N, P, K, S), más

			fertilización foliar de micronutrientes (Zn, Mn). Absorción total de B por el cultivo cuando no se aplica B.
14	INIAP-122	Testigo Absoluto (T0)	Sin fertilización
15	INIAP-122	F. Agricultor	Práctica de fertilización del agricultor. Se aplican los fertilizantes usados por el agricultor.
16	Chaucho	N-P-K-S	Parcela con aplicación completa de NPKS. Usada para estimar la eficiencia de recuperación de N, P, K y S de los fertilizantes.
17	Chaucho	P-K-S	Parcela de omisión de N, con aplicación de suficiente cantidad de P, K y S. Usada para medir el suplemento efectivo de N nativo del suelo (absorción total de N por el cultivo cuando no se aplica N).
18	Chaucho	N-K-S	Parcela de omisión de P, con aplicación de suficiente cantidad de N, K y S. Usada para medir el suplemento efectivo de P nativo del suelo (absorción total de P por el cultivo cuando no se aplica P).
19	Chaucho	N-P-S	Parcela de omisión de K, con aplicación de suficiente cantidad de N, P y S. Usada para medir el suplemento efectivo de K nativo del suelo (absorción total de K por el cultivo cuando no se aplica K).
20	Chaucho	N-P-K	Parcela de omisión de S, con aplicación de suficiente cantidad de N, P y K. Usada para medir el suplemento efectivo de S nativo del suelo (absorción total de S por

			el cultivo cuando no se aplica S).
21	Chaicho	T0 + N	Parcela de adición de N, con aplicación de suficiente cantidad de N (absorción total de N por el cultivo cuando se aplica solo N).
22	Chaicho	T0 + P	Parcela de adición de P, con aplicación de suficiente cantidad de P (absorción total de P por el cultivo cuando se aplica solo P).
23	Chaicho	T0 + K	Parcela de adición de K, con aplicación de suficiente cantidad de K (absorción total de K por el cultivo cuando se aplica solo K).
24	Chaicho	T0 + S	Parcela de adición de S, con aplicación de suficiente cantidad de S (absorción total de S por el cultivo cuando se aplica solo S).
25	Chaicho	FC + f	Aplicación de fertilización completa (N, P, K, S), más fertilización foliar de micronutrientes (Zn, Mn, B).
26	Chaicho	(FC + f) - Zn	Parcela de omisión de Zn foliar. Aplicación de fertilización completa (N, P, K, S), más fertilización foliar de micronutrientes (Mn, B). Absorción total de Zn por el cultivo cuando no se aplica Zn.
27	Chaicho	(FC + f) - Mn	Parcela de omisión de Mn foliar. Aplicación de fertilización completa (N, P, K, S), más fertilización foliar de micronutrientes (Zn, B). Absorción total de Mn por el cultivo cuando no se aplica Mn.
28	Chaicho	(FC + f) - B	Parcela de omisión de B. Aplicación de fertilización completa (N, P, K, S), más fertilización foliar de micronutrientes (Zn, Mn). Absorción total de B por el cultivo

			cuando no se aplica B.
29	Chaucho	Testigo Absoluto (T0)	Sin fertilización
30	Chaucho	F. Agricultor	Práctica de fertilización del agricultor. Se aplican los fertilizantes usados por el agricultor.

La fuente de N será la urea, aplicada el 33.3% en forma manual a la siembra, 33.3% de 30 a 35 días después de la siembra (dds) (al estado V6) y 33.3% a los 60 dds (al estado V10).

Las fuentes de P, K y S serán Superfosfato triple, muriato de potasio y azufre de mina; respectivamente, aplicando todo a la siembra.

Las fuentes de micronutrientes (Zn, Mn y B) serán foliares en forma de quelatos; y se aplicarán antes de la floración tres aplicaciones con intervalos de 15 días.

En el Anexo 1, se presenta las cantidades de nutrientes con sus formas químicas en kg/ha para N, P₂O₅, K₂O, S, Mn y en l/ha para Zn y B en los tratamientos del ensayo.

5.2.8 Características del ensayo

Tratamientos: 30

Repeticiones: 3

Área total ensayo: 1851.2 m² (89 m x 20.8 m)

Área neta ensayo: 1440 m² (90 parcelas de 16 m²)

Tamaño PG (Parcela grande): 284.8 m² (89 m x 3.2 m)

Área neta PG (Parcela grande): 240 m² (3.2 m x 5 m x 15 Subparcelas)

Tamaño SP (Subparcela): 16 m² (5 m x 3.2 m)

Área neta SP (Subparcela): 8 m² (5 m x 1.6 m) 2 surcos

Número de surcos/parcela: 4

Número de golpes/surco: 10

Número de plantas/surco: 20

Número de semillas/sitio: 3

5.2.9 Tipo de diseño experimental

Se utilizara un Diseño de Parcela Dividida donde la parcela grande incluye las variedades y en la parcela pequeña o subparcela corresponde a la fertilización.

Esquema del ADEVA

El esquema del ADEVA (modelo matemático) para el diseño de parcela dividida es el siguiente:

Fuente de V	GL
TOTAL	89
REPETICIONES	2
VARIEDADES	1
ERROR (a)	2
FERTILIZACION	14
V x F	14
ERROR (b)	56

Análisis funcional

Se calculará el coeficiente de variación que será expresado en porcentaje, se realizarán las pruebas de separación de medias en las fuentes de variación que tengan significación estadística. Tukey para fertilización y DMS para variedades.

5.3. Métodos de evaluación y datos a tomarse

En el transcurso del ensayo se registrarán los siguientes datos:

5.3.1. Variables agronómicas

a. Porcentaje de emergencia

Esta variable se evaluará por conteo directo de las plántulas emergidas en toda la parcela en un periodo de tiempo de 15 a 20 días después de la siembra y se expresará en porcentaje en relación al número de semillas sembradas.

Para ello se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Emergencia} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Plantas emergidas}}{\text{N}^\circ \text{ semillas sembradas PN}} \times 100$$

b. Altura de planta (cm)

La medición de la altura de plantas se lo realizará con un flexómetro a los 30 dds, y después cada tres semanas hasta el estado R1, desde el cuello de la raíz hasta el ápice terminal, para el efecto se tomarán 10 plantas al azar de cada parcela neta. Con estos datos se calculará la altura promedio por planta para cada unidad experimental; además, se podrá determinar la curva de crecimiento para cada variedad y establecer una correlación entre la altura de planta y la cantidad de clorofila presente en las hojas.

c. Altura de inserción de mazorca (cm)

Esta variable será tomada de 10 plantas al azar en cada tratamiento, midiendo con un flexómetro desde el cuello de la planta hasta el punto de inserción de la primera mazorca más cercana al suelo, pocos días antes de la cosecha. Con esto se busca determinar la facilidad de cosecha para los agricultores.

d. Porcentaje de acame de tallo

Esta calificación se realizará luego de determinar la madurez fisiológica de las plantas y será expresada en porcentaje, considerando como acamadas, las plantas con el tallo roto por debajo de la inserción de la mazorca. (IBPGR 1991).

Para ello se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acame de Tallo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Plantas acamadas x tallo}}{\text{N}^\circ \text{ plantas total PN}} \times 100$$

e. Porcentaje de acame de raíz

Esta calificación se realizará luego de determinar la madurez fisiológica de las plantas y será expresada en porcentaje, considerando como acamadas, las plantas que presenten una inclinación desde la raíz mayor de 45° (IBPGR 1991).

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acame de Raíz} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Plantas acamadas x raíz}}{\text{N}^\circ \text{ plantas total PN}} \times 100$$

f. Presencia de plantas infectadas con *Dickeya zaeae* (IBPGR 1991)

Se evaluará la presencia de plantas infectadas cuando aparezca la enfermedad, realizando el conteo directo de las plantas enfermas cada 30 días hasta la cosecha, y calculándolo en porcentaje. Con el porcentaje, se evaluará en una escala de 1 a 9, donde:

- 1 Muy baja (menos del 5%)
- 2 Baja (5% al 10%)
- 5 Intermedia (10,1% al 20%)
- 7 Alta (20,1% al 30%)
- 9 Muy alta (mayor al 30%)

g. Cuantificación de clorofila

La cuantificación de clorofila se lo realizará con el determinador SPAD 502 en unidades SPAD, se medirá a los 30 dds, y después cada tres semanas hasta el estado R1. Se tomará lecturas en el tercio medio de la hoja apical más desarrollada, para el efecto se tomará 10 plantas al azar de cada parcela neta. Con esto se busca establecer la relación entre cantidad de clorofila y absorción de nitrógeno⁶.

h. Tabla de comparación de colores IRRI

Se lo hará a los 30 dds y después cada tres semanas hasta el estado R1, para el efecto se tomará 10 plantas al azar de cada parcela neta, se realizará la comparación respectiva con la TCC desarrollada por el IRRI. Con esta variable se busca establecer la relación entre cantidad de clorofila y absorción de nitrógeno utilizando una herramienta de fácil acceso para el agricultor.

i. Población de plantas

A la cosecha se contará el número de plantas presentes en el área útil de cada parcela, dato que será utilizado para determinar el rendimiento de materia seca.

j. Contenido de materia seca

A la cosecha (R6), se recolectarán 4 plantas al azar de cada parcela neta, se establecerá los pesos de materia fresca de grano, tuza y residuos; a continuación, se tomará una submuestra de 500 g para cada una de las partes establecidas; se colocarán en una estufa a 60 °C, hasta peso constante, de esta manera se podrá conocer el porcentaje de materia seca y la biomasa seca en kg/ha; lo que servirá para el cálculo de extracción de nutrientes del suelo.

⁶Parra 2009. Procedimientos de instalación, seguimiento, toma de datos de variables agronómicas, muestreo suelo, follaje y cosecha de ensayos de investigación (correspondencia personal). Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Dpto. de Manejo de suelos y Aguas.

Se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$\%MS = (PSm/PFm) * 100$$

%MS= Porcentaje de materia seca

PSm= Peso seco de la muestra (g)

PFm= Peso fresco de la muestra (g)

$$PMF = \frac{POB \times PMF_{4p}}{4 \text{ plantas}}$$

$$BMS = \frac{PMF \times \% MS}{100}$$

En Donde:

PMF= Peso materia fresca en kg/ha

POB = Población de plantas por ha (50000 plantas/ha)

PMF_{4p}= Peso materia fresca de la muestra en kg (4 plantas/parcela neta)

BMS= Biomasa de materia seca en kg/ha

% MS = Porcentaje de materia seca

k. Rendimiento en grano

Una vez que las plantas alcancen la madurez fisiológica se cosechará toda el área útil de cada parcela, se registrarán los pesos de las mazorcas por parcela neta en kg. Se desgranará, determinará la humedad del grano y los resultados, serán presentados en t ha⁻¹ de maíz, con 14 % de humedad.

Para ello se utilizará la siguiente fórmula:

$$R = P_C \times \frac{100 - H_c}{100 - 14\% H} \times \%D \times 10000 \text{ m}^2 / S_{PN}$$

En Donde:

R= rendimiento en kg/ha

Pc= Peso de campo mazorcas (kg/PN)

Hc= Humedad del grano (%)

14%H= Humedad ajustada al 14%

%D= 85% o el % de desgrane de la variedad

S_{PN} = Superficie de la parcela neta

l. Contenido de macro y micronutrientes

Las muestras secas ingresarán al laboratorio del DMSA - EESC, en donde se realizará el análisis químico de macro y micronutrientes.

m. Extracción de nutrientes

Con los datos de población de plantas y el contenido de macro y micronutrientes se podrá realizar los cálculos para poder determinar la cantidad de nutrientes extraídos del suelo por parcela neta. A si mismo se podrá determinar la extracción de nutrientes por hectárea para cada uno de los tratamientos.

Para ello se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$EN = \frac{BMS \times \%N}{100}$$

En donde:

EN = Extracción del nutriente en kg/ha

BMS= Biomasa de materia seca en kg/ha

%N = Concentración del nutriente en porcentaje

5.4 Manejo del experimento

Este trabajo se iniciará en la época lluviosa del 2012. Se usará semilla mejorada de maíz, variedad INIAP-122 y semilla de la variedad local, las mismas que previo a la siembra serán tratadas con carboxin y semevín, para prevenir el ataque de patógenos en estado de plántula.

5.4.1. Análisis químico de suelo y tejido vegetal

Al inicio del experimento se colectarán muestras compuestas de suelo, a una profundidad de 0 a 20 cm, con el propósito de conocer el nivel de fertilidad. Se analizará textura, materia orgánica (MO), pH, N, P, K, Ca, Mg, S y micronutrientes.

El análisis químico de tejido vegetal se realizará a la madurez fisiológica del cultivo; se tomarán muestras de 4 plantas por parcela neta, fraccionadas en grano, tusa y residuos, con el fin de determinar la extracción de nutrientes.

5.4.2. Preparación del suelo

Se realizará la preparación del suelo mediante labranza convencional o tradicional. Primero, la arada o roturación, la cual consiste en voltear al suelo a una profundidad no mayor a 30 cm, con esta labor se consigue oxigenar el terreno, eliminar las malezas y algunas plagas que se pueden encontrar en el suelo, y facilita la descomposición de residuos de las cosechas que quedaron en el campo. Se realizará dos rastras con la finalidad de que el suelo quede suelto, se incorporen los restos vegetales y se nivele la superficie donde se va a sembrar. El surcado se realizará a una distancia de 80 cm.

5.4.3. Siembra

La siembra se realizará manualmente colocando 3 semillas de maíz a una distancia de 50 cm entre plantas y 80 cm entre surcos. Se realizará el raleo, dejando 2 plantas por sitio; el rascadillo y aporque se realizarán a los 45 dds.

5.4.4. Control de plagas

El control de insectos-plaga, como el gusano trozador (*Agrotis sp.*) y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se realizarán oportunamente y cuando se lo considere necesario de acuerdo a su umbral económico (cuando el daño de la plaga sea mayor al 5%) con aplicaciones de Acefato o Endosulfán (Alvarado *et al.* 2011). Para el control del gusano de la mazorca (*Heliothis zea*) se usará aceite comestible al inicio de la floración, dos aplicaciones por ciclo. Además, se realizará el control de *Dickeya zaeae*, anteriormente conocida como *Erwinia chrysantemi*, mediante la aplicación de sulfato de cobre pentahidratado y eliminación de las plantas afectadas.

5.4.5. Control de malezas

El control de malezas se realizará aplicando Atrazina en post emergencia. Si resulta necesario, se realizarán posteriormente deshierbas manuales.

5.4.6. Cosecha

Esta se realizará a la madurez fisiológica (R6), se contará el número de mazorcas sanas y mazorcas podridas/parcela neta; así como, el número de plantas por parcela neta. Se registrará el peso de mazorcas sanas y podridas en kg/parcela neta y se transformará a t/ha de grano al 14% de humedad.

Número de mazorcas por planta y establecimiento de plantas prolíficas

Esta variable se obtendrá, contabilizando el número de plantas que presenten 0, 1 ó 2 mazorcas, en la cosecha (#mazorcas/planta/PN), estableciendo como plantas prolíficas aquellas que presenten 2 mazorcas/planta; así como los tratamientos con mayor número de mazorcas.

5.4.7. Publicación de resultados

Se realizará el procesamiento, análisis, interpretación y reporte de resultados.

VI. PRESUPUESTO

6.1. Costo estimado del proyecto

Concepto	Unidad	Cantidad	\$/unidad	\$/total
Insumos y materiales				
Semilla, agroquímicos, fertilizantes, etc.	Varios			300
Servicios				
Análisis de suelos	Muestra	1	23,98	23,98
Análisis de tejidos	Muestra	270	11,61	3134,7
Alquiler de maquinaria	Hora	2	20	40
Movilización				
Viáticos	Día	8	80	640
Subsistencias	Día	30	40	1200
Vehículo	Km	8000	0,25	2000
Becario	Mes	8	400	3200
Materiales de oficina				
Papelería, impresiones, empastados, etc.	Varios			450
Total				10988,68

6.2. Fuentes de financiamiento

- 50% INIAP-SENESCYT (Programa de Maíz)
- 50% INIAP-IPNI (Departamento de Manejo de Suelos y Aguas)

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, S.; Jaramillo, R.; Valverde, F.; Parra, R. 2011. Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas/IPNI. 27p. (Boletín Técnico no.150).
- IBPGR, 1991. Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, EC). 2012. Visualizador de estadísticas agropecuarias del Ecuador ESPAC. (en línea). Quito, EC. Consultado 30 de Jul. 2012. Disponible en <http://157.100.43.205/lcds-samples/testdriverremoteobject/main.html#app=44e4&a24-selectedIndex=0>
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC). 2011. Manejo Integrado del cultivo de maíz de altura. Módulo 4. Módulos de capacitación para capacitadores. Ed. D Peñaherrera. Quito, EC. 52 p.
- Mejía Vallejo, L. 1986. Mapa General de Suelos del Ecuador. Quito, EC, s.c.e. Esc. 1:1000.000. Color.
- Witt, C.; Buresh, R.; Peng, S.; Balasubramanian, V.; Dobermann, A. 2007. Nutrient management. In: Fairhurst TH et al., eds. Rice: A practical guide to nutrient management. Los Baños (Philippines) and Singapore: International Rice Research Institute (IRRI), International Plant Nutrition Institute (IPNI), and International Potash Institute (IPI). p. 1–45.
- Yáñez, C. 2007. Manual de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Programa de Maíz. Quito, Ecuador, INIAP. p. 2 - 16.

ANEXOS

ANEXO 1

Cuadro 4. Cantidad de fertilizantes para el ensayo de MNSE⁷.

No.	Tratamientos			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Zn ⁸ (l)	Mn ⁸ (kg)	B ⁸ (l)
	Nutrientes	Omisión	Adición	kg/ha				(kg o l)/aplicación foliar/ha		
1	NPKS			120	60	60	30	0	0	0
2	PKS	-N		0	60	60	30	0	0	0
3	NKS	-P		120	0	60	30	0	0	0
4	NPS	-K		120	60	0	30	0	0	0
5	NPK	-S		120	60	60	0	0	0	0
6	T0 + N		+N	120	0	0	0	0	0	0
7	T0 + P		+P	0	60	0	0	0	0	0
8	T0 + K		+K	0	0	60	0	0	0	0
9	T0 + S		+S	0	0	0	30	0	0	0
10	FC + f			120	60	60	30	2,5	0,3	2,5
11	FC + f (Mn, B)	-Zn		120	60	60	30	0	0,3	2,5
12	FC + f (Zn, B)	-Mn		120	60	60	30	2,5	0	2,5
13	FC + f (Zn, Mn)	-B		120	60	60	30	2,5	0,3	0
14	Testigo Absoluto			0	0	0	0	0	0	0
15	Agricultor			60	30	30	0	0	0	0

⁸Tres aplicaciones foliares para Zn, B y Mn.

⁷Valverde 2008. Manejo de Nutrientes por Sitio Específico en Labranza de conservación en Maíz. (correspondencia personal). Quito, Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Dpto. de Manejo de suelos y Aguas.

ANEXO 2

DISEÑO Y UBICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Plano de ensayo de: Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de Maíz

Localidad: Hda. Tunibamba - Cotacachi - Imbabura

