



Instituto Nacional Autónomo de  
Investigaciones Agropecuarias



República del Ecuador



IPNI  
INTERNATIONAL  
PLANT NUTRITION  
INSTITUTE

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"  
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

Boletín Técnico No. 150

# Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar



Soraya Alvarado Ochoa, DMSA  
Raúl Jaramillo, IPNI  
Franklin Valverde, DMSA  
Rafael Parra, DMSA



GOBIERNO NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Econ. Rafael Correa Delgado  
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL

Econ. Wilfrido Staynley Vera Prieto  
MINISTRO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA

Dr. Julio César Delgado Arce  
DIRECTOR GENERAL DEL INIAP

---

## International Plant Nutrition Institute (IPNI)

---

### **Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)**

Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA)  
Estación Experimental Santa Catalina (EESC)  
Panamericana Sur Km 1  
Quito, Ecuador  
Telefax: +593-2-2690694  
<http://www.iniap-ecuador.gov.ec>



### **International Plant Nutrition Institute (IPNI)**

Gaspar de Villarroel E14-171 y Av. Eloy Alfaro  
Quito, Ecuador  
Tel: +593-2-2463175  
<http://nla.ipni.net>



Alvarado S., R. Jaramillo, F. Valverde y R. Parra. 2011. Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, International Plant Nutrition Institute. Boletín Técnico No. 150. Quito, Ecuador. 27 pp.

### **Créditos:**

Autores: Soraya Alvarado, DMSA; Raúl Jaramillo, IPNI; Franklin Valverde, DMSA; Rafael Parra, DMSA

Comité de publicaciones: Dra. Gioconda García, Ing. Iván Reinoso, Ing. Carlos Yáñez e Ing. Marcelo Racines

Edición de texto: Ing. Mario Ramos

Diagramación: Sra. Amparo Ormaza y Sr. Paúl Gualoto

Fotografías: Archivo DMSA

Impresión: Imprenta Tecnigrava

Ulloa N34 y Pedro Bedón, Telefax: +593-2-3318645, Quito, Ecuador

Tiraje: 500

---

---

## Agradecimientos

Al International Plant Nutrition Institute (IPNI), por el apoyo económico brindado al Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para el desarrollo de la investigación sobre manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz en la provincia de Bolívar. De manera especial al Dr. José Espinosa, Ex-Director del IPNI, por confiar en las capacidades técnicas del INIAP e impulsar la ejecución de este proyecto de investigación.

A los productores de maíz de las comunidades de la provincia de Bolívar, al Instituto Tecnológico Superior Agropecuario “Tres de Marzo”, a la Universidad Estatal de Bolívar (UEB); y al Ing. Carlos Monar, Ex-Funcionario del INIAP; quienes colaboraron en el desarrollo de cada uno de los ensayos de campo durante los años de investigación.

---

## Presentación

El maíz forma parte del grupo de los productos más importantes de consumo interno del Ecuador. Se cultivan alrededor de 400 000 hectáreas, de las cuales cerca de 82 000 corresponden a maíz suave en la sierra. De estas últimas, en el 2009, el 43% fue cosechado en la provincia de Bolívar con un rendimiento promedio de  $2.6 \text{ t ha}^{-1}$  (INEC, 2009).

En Bolívar, el maíz es el cultivo primordial para la economía de los agricultores, constituyéndose en uno de los alimentos básicos en la dieta diaria de la población rural. Las zonas de producción de maíz suave se ubican entre los 2200 a 2800 m de altitud, en suelos con deficiencias de nitrógeno (N) y fósforo (P) principalmente y que están expuestos a la erosión causada por el agua, viento y la inducida por el hombre debido a las prácticas inadecuadas de manejo en suelos de ladera (INIAP, 2009).

De otra parte, el crecimiento vegetativo y la necesidad de suplementar nutrientes al maíz, varía apreciablemente entre lotes, zonas climáticas y años de producción. Esto se debe a diferencias en el suelo, clima y manejo del cultivo. Algunas de ellas no son detectadas por el análisis de suelos.

Considerando, entonces, que por un lado existe la necesidad de implementar prácticas de conservación de suelos, como las labranzas cero o mínima y por otro la de implantar una nueva metodología de diagnóstico, que permita determinar la necesidad de nutrientes en lotes de producción bajo condiciones específicas; el INIAP a través del financiamiento del IPNI, ha validado una nueva metodología denominada "Manejo de Nutrientes por Sitio Específico" (MNSE), bajo labranza de conservación para el cultivo de maíz en la provincia de Bolívar. La investigación duró cuatro años en los que se evaluaron un total de 19 ensayos.

En este documento se presentan algunos de los resultados obtenidos por el DMSA-EESC del INIAP sobre tipos de labranza y fertilización del cultivo de maíz; así como se pone a consideración de los agricultores/as de la provincia de Bolívar una guía básica del MNSE para el cultivo de maíz bajo labranza de conservación.

Los autores

---

## Contenido

1. Introducción .....	1
2. Experiencias en labranza conservacionista y fertilización del cultivo de maíz.....	6
3. Guía del cultivo de maíz bajo MNSE y labranza de conservación .....	13
3.1 Manejo de residuos .....	13
3.2 Control de malezas .....	13
3.2.1 Antes de la siembra.....	13
3.2.2 Después de la siembra.....	14
3.2.3 Control manual de malezas.....	16
3.3 Control fitosanitario de plagas .....	16
3.4 Siembra .....	17
3.5 Fertilización.....	21
3.5.1 Dosis según el rendimiento obtenible con enfoque de MNSE .....	21
3.5.2 Forma y época de aplicación del fertilizante .....	23
3.5.3 Manejo del nitrógeno.....	23
3.5.4 Manejo de los otros nutrientes .....	25
4. Referencias .....	26

---

## 1. Introducción

Los suelos de ladera en los que se cultiva maíz en la provincia de Bolívar, se caracterizan por su alta fragilidad frente a la erosión, por sus fuertes pendientes y la continua remoción del suelo con las labores de arado, surcado, deshierba y aporque, acelerando la degradación de los suelos y la pérdida de fertilidad de los mismos.

La degradación es un proceso natural e inducido que disminuye el potencial productivo del suelo. Entre las causas de la degradación se destaca la erosión, que es el proceso de remoción, transporte y deposición del suelo en otro sitio; causando la pérdida de suelo superficial. Esto ocurre como resultado de las lluvias, vientos y la acción del hombre; factores que actúan recíprocamente con la topografía, los tipos de suelos, y la cobertura vegetal. Las actividades humanas que remueven el suelo y reducen la cobertura vegetal, producen la erosión por labranza e incrementan la erosión hídrica, acelerando la degradación de los suelos.

La erosión hídrica (**Foto 1**) es la pérdida de suelo superficial por acción del escurrimiento del agua de lluvia. Este tipo de erosión junto con la erosión por labranza (**Foto 2**) son las principales causas de la degradación progresiva de los suelos, especialmente en áreas montañosas como la Cordillera de los Andes.



**Foto 1. Ejemplo de erosión hídrica.**



**Foto 2. Ejemplo de erosión por labranza.**

La erosión en el Ecuador es uno de los problemas de degradación ambiental más serios, la que afecta aproximadamente al 50% del suelo cultivado. Alrededor del 15% de las tierras degradadas se encuentran en el callejón interandino y sobre las vertientes que lo bordean. La pérdida de suelo por erosión hídrica en tierras agrícolas se estima en  $80 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Vogel, 2000) y la erosión por labranza con el arado de discos en el Carchi, en un suelo negro con 30% de pendiente, se estimó en  $40 \text{ t ha}^{-1}$  por labor (Córdova y Valverde, 2002).

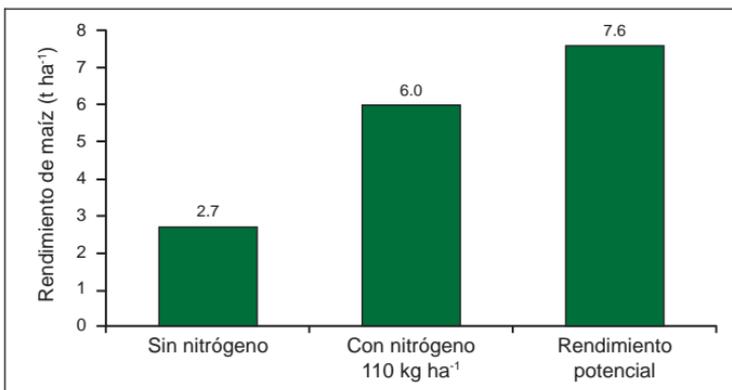
Otro factor determinante en la degradación del suelo es el desequilibrio nutricional. Ya que la extracción de nutrientes en las cosechas provoca que más nutrientes minerales salgan del suelo comparados con los que se reponen a través de la fertilización. En contraste al sistema agrícola, en la naturaleza se observa que mediante la vegetación natural existe una cobertura permanente del suelo y la disponibilidad de nutrientes se relaciona con la descomposición de los residuos vegetales. Un sistema sostenible de uso del suelo debe buscar este tipo de equilibrio, utilizando por ejemplo una serie de prácticas agrícolas conservacionistas para mejorar la cobertura del suelo, tales como la denominada labranza cero y la labranza mínima. La primera se entiende como la siembra directa utilizando herramientas adaptadas para este fin; la segunda se logra con la apertura de pequeños surcos de siembra con cincel, arado de madera o azadón.

De otra parte, el MNSE es una metodología que busca entregar nutrientes a la planta, en la cantidad que requiere para alcanzar un rendimiento determinado (Witt *et al.*, 2006). A través del MNSE se llega a las recomendaciones de fertilización que permiten compensar el déficit entre la necesidad total de nutrientes del cultivo y el contenido de nutrientes que existen naturalmente en el suelo; logrando obtener la mayor cantidad de grano de maíz por unidad de fertilizante utilizado.

El MNSE usa de manera fundamental el contraste en rendimiento entre una parcela completa, en la que se maneja adecuadamente el cultivo incluyendo una fertilización con todos los elementos, versus el desempeño de parcelas en las que se deja de aplicar un elemento en particular llamadas parcelas de omisión. La **Foto 3** muestra el contraste en altura de planta y color observado entre una parcela completa y una de omisión de N. Las diferencias en rendimiento observadas entre la parcela completa y las de omisión indican los elementos deficitarios y el nivel de respuesta a la fertilización mineral. Las recomendaciones que se generan son específicas para la localidad y el tipo de manejo. En la **Figura 1** se muestra el incremento en rendimiento del cultivo de maíz por efecto de la fertilización nitrogenada; así como el rendimiento bajo condiciones óptimas, llamado rendimiento potencial, de este cultivo bajo MNSE y labranza de conservación para las zonas maiceras de la provincia de Bolívar.



**Foto 3. Diferencia en el cultivo en una parcela con fertilización completa (plantas del fondo) y una parcela de omisión de nitrógeno.**



**Figura 1. Diferencias de rendimiento debido a la fertilización nitrogenada y rendimiento potencial para localidades de alto rendimiento de la provincia de Bolívar.**

## 2. Experiencias en labranza conservacionista y fertilización del cultivo de maíz

Estudios realizados en el cultivo de maíz bajo sistemas de labranza de conservación durante cinco años, tanto en la provincia de Pichincha como en la de Bolívar, indicaron que se pueden obtener rendimientos similares bajo labranza convencional, mínima o cero (**Cuadro 1**). Además, se observó mayor tasa de infiltración y menor porcentaje de acame con labranza cero y mínima frente a la convencional. Las labranzas de conservación presentaron menores costos de producción frente a los de labranza convencional. Esto se debió a que los costos de preparación del suelo disminuyen sustancialmente en labranzas de conservación (INIAP, 2003; Valverde *et al.*, 2004a; Valverde *et al.*, 2004b). Además, se debe enfatizar que el beneficio de los sistemas de labranza de conservación frente a los sistemas convencionales está asociado también con un menor

**Cuadro 1. Rendimiento de grano de maíz bajo tres tipos de labranza en las provincias de Bolívar y Pichincha, 2003.**

Localidad	Labranza cero	Labranza mínima	Labranza convencional
----- Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) -----			
Bolívar	5.2	4.5	4.3
Pichincha	6.6	6.9	7.3

Fuente: Valverde *et al.*, 2004b.

consumo de energía fósil, y fundamentalmente con el control y reversión de los procesos erosivos, con lo que se ganaría en la conservación del recurso suelo.

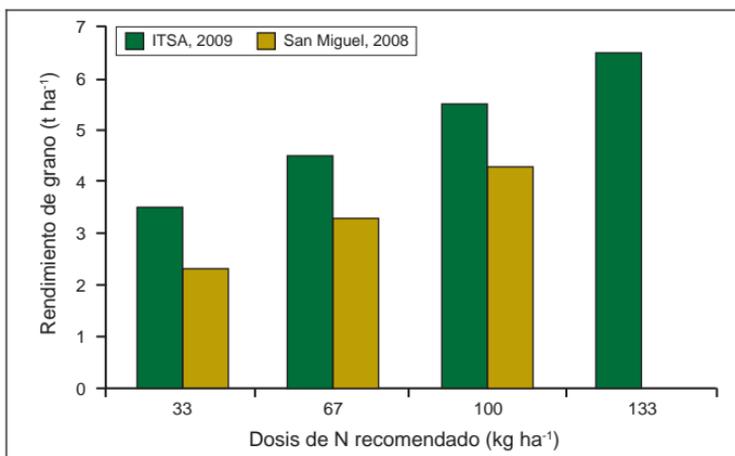
En cuanto a la fertilización bajo la técnica de MNSE, se debe puntualizar que en términos generales la recomendación de fertilización está en función del rendimiento que se desea alcanzar; mientras se acerque al rendimiento potencial, mayor será la cantidad de fertilizante a usar. Adicionalmente, mientras más grande sea la diferencia de rendimiento entre la parcela de fertilización completa y la de omisión, mayor será la cantidad de fertilizante necesario.

En el caso del cultivo de maíz en la provincia de Bolívar los ensayos preliminares con omisión de N, P, potasio (K), magnesio (Mg), azufre (S) y zinc (Zn); detectaron como limitante principal al N y como secundario al P. Por lo tanto, la parcela de omisión utilizada para las comparaciones será la de N.

En cuanto a rendimientos potenciales de maíz en la provincia de Bolívar, los experimentos de MNSE permitieron observar grandes diferencias entre localidades, en lotes vecinos y a través de los años de investigación; registrándose desde rendimientos potenciales bajos ( $<4 \text{ t ha}^{-1}$ ) hasta moderadamente altos ( $>6 \text{ t ha}^{-1}$ ). En el **Figura 2** se muestra un esquema de la diferencia entre una localidad de bajos rendimientos (San Miguel, 2008) y una con altos rendimientos (ITSA, Tres de Marzo, 2009). La cantidad de fertilizante recomendada es la misma para cada tonelada de aumento en rendimiento; sin embargo, el rendimiento

obtenido en la localidad con alto potencial es más elevado con respecto a la de bajo potencial. Adicionalmente, en esta localidad aún con dosis de N que superen los 100 kg ha<sup>-1</sup>, no se podrán alcanzar rendimientos mayores a 4.3 t ha<sup>-1</sup>. Estos resultados se explican puesto que la localidad de bajo potencial de rendimiento, está limitada por el clima o por otros factores.

Por otra parte, el uso de un programa de fertilización balanceada que busca aumentar rendimientos también debe considerar el manejo adecuado de los residuos ya que estos aportan con cantidades importantes de nutrientes que



**Figura 2. Rendimientos y recomendaciones de fertilización de nitrógeno para dos localidades en Bolívar, con alto (ITSA, 2009) y bajo (San Miguel, 2008) rendimiento potencial.**

pueden regresar al suelo y ser utilizados por el siguiente cultivo. En el caso del maíz la distribución de nutrientes por órganos de la planta se presenta en el **Cuadro 2**.

En general, los residuos deben mantenerse en el suelo (**Fotos 4 y 5**). Las prácticas de remoción (**Foto 6**) ó quema (**Foto 7**) ocasionan pérdidas de nutrientes, contaminación, mal uso de la mano de obra y finalmente mermas económicas.

Un manejo adecuado de residuos en el cultivo de maíz bajo MNSE con labranza de conservación permite almacenar el doble del N y K en el suelo, cuando se usa fertilización completa en relación al manejo tradicional del agricultor y a las parcelas de omisión de N como se observa en el **Cuadro 3**.

**Cuadro 2. Distribución de nutrientes por partes de la planta de maíz, Bolívar, 2006 al 2009.**

Partes de la planta	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Azufre (S)	Magnesio (Mg)
	----- (%)* -----				
Residuos	47.0	35.0	82.0	52.2	66.0
Tusa	2.0	2.0	3.0	2.4	2.0
Grano	51.0	63.0	15.0	45.4	32.0

\* Porcentaje de nutrientes en base a materia seca.

Fuente: Parra *et al.*, 2010.



**Foto 4. Cultivo de maíz sobre rastrojo de maíz.**



**Foto 5. Cultivo de maíz sobre rastrojo de trigo.**



**Foto 6. Remoción de rastrojo.**



**Foto 7. Quema de residuos.**

**Cuadro 3. Extracción de nutrientes por partes de la planta de maíz bajo MNSE y labranza de conservación en la provincia de Bolívar (Valores promedios de 2008 y 2009).**

Tratamiento	Parte de la planta	Nutrientes extraídos (kg ha <sup>-1</sup> )						Rendimiento grano t ha <sup>-1</sup>
		N	P	K	S	Mg		
Completo	Residuo	55.0	7.5	119.0	7.4	13.4	5.5	
	Mazorca <sup>1</sup>	77.5	17.1	30.0	5.8	9.6		
Manejo tradicional	Residuo	29.0	6.5	51.0	4.5	7.1	2.4	
	Mazorca	45.5	9.3	16.4	3.2	5.2		
Omisión de nitrógeno	Residuo	27.0	5.7	55.0	3.3	8.3	2.2	
	Mazorca	40.5	8.5	14.6	3.1	4.7		

<sup>1</sup> La mazorca constituye la suma del grano y la tusa que normalmente salen del campo. El 90% de los nutrientes en la mazorca se ubican en el grano.

### 3. Guía del cultivo de maíz bajo MNSE y labranza de conservación

#### 3.1 Manejo de residuos

Los residuos deben mantenerse en el suelo. Se recomienda picar el rastrojo para facilitar el proceso de descomposición y las labores de siembra y mantenimiento del cultivo. Es conveniente considerar la distribución de nutrientes dentro de la planta (**Cuadro 2**) y las cantidades de nutrientes que son removidos del campo con la cosecha (**Cuadro 3**); para cuantificar las cantidades de nutrientes que quedan con los rastrojos y así formular un programa eficiente de recomendación de fertilización para el cultivo siguiente.

#### 3.2 Control de malezas

El principal limitante en el manejo de la labranza mínima o cero es la competencia de malezas con el cultivo (**Foto 8**). A continuación se presentan alternativas de control de malezas para maíz.

##### 3.2.1 Antes de la siembra

Para el control de malezas, 10 a 15 días antes de la siembra, aplicar herbicidas a base de Glifosato 360 g l<sup>-1</sup>, en dosis de 3 l ha<sup>-1</sup> (200 ml en 20 l de agua); utilizando una boquilla de abanico plano para lograr una aplicación uniforme. Es importante considerar que para una buena acción del herbicida, se requiere que la solución tenga un valor de pH ácido de 4.0; por lo que se recomienda aplicar una cucharadita de ácido cítrico o el jugo de tres limones para una bomba de 20 l.



**Foto 8. Efecto de la competencia de las malezas sobre el color y tamaño de las plantas de maíz.**

### **3.2.2 Después de la siembra**

Dependiendo de las condiciones ambientales y del tipo de malezas prevalentes, se deberá elegir una de las siguientes alternativas de control químico, utilizando herbicidas selectivos para el cultivo de maíz.

#### **Atrazina**

Es un herbicida apto para controlar malezas de hoja ancha y algunas gramíneas; se puede aplicar de acuerdo al **Cuadro 4** en: (1) Pre emergencia; antes de la emergencia del maíz, requiriendo humedad superficial, y (2) Post emergencia temprana; a la emergencia del cultivo y hasta cuando las malezas tengan 3 hojas verdaderas.

**Cuadro 4. Dosis del herbicida con el ingrediente activo Atrazina\***

Concentración Atrazina (%)	Dosis	
	(kg ha <sup>-1</sup> )	(g por 20 l de agua)
80	2 a 2.5	133 a 166

\* No aplicar en asocio maíz - fréjol.

## 2,4-D Amina

Es un herbicida selectivo en post emergencia (hasta los 35 días después de la siembra) para control de malezas de hoja ancha; cuyas dosis de aplicación se presentan en el **Cuadro 5**. Aplicaciones posteriores de este herbicida causan deformaciones a las plantas como encebollamiento; pudiendo llegar hasta la muerte.

**Cuadro 5. Dosis de herbicida con el ingrediente activo 2,4-D Amina\***

Concentración de 2,4-D Amina (g l <sup>-1</sup> )	Dosis	
	(l ha <sup>-1</sup> )	(ml en 20 l de agua)
360	2.8	186
400	2.5	166
480	2.0	133
720	1.5	100

\* No aplicar en asocio maíz - fréjol.

## Nicosulfurón (Accent)

Es un herbicida utilizado para control de gramíneas (rye grass), selectivo en post emergencia, por lo que se debe aplicar hasta los 35 días después de la siembra, cuando las malezas tienen de 2 a 3 hojas verdaderas. La dosis de este producto es de 3.0 a 3.5 g por bomba de 20 l.

En forma complementaria se puede realizar una deshierba manual entre los 60 y 70 días después de la siembra, con la finalidad de evitar la competencia de las malezas con el cultivo hasta los 90 días.

### 3.2.3 Control manual de malezas

En el caso de no realizar el control químico de malezas en pre y post emergencia, se recomienda realizar una o dos deshierbas superficiales con azadón (rascadillo).

## 3.3 Control fitosanitario de plagas

Las plagas predominantes en maíz son: gusano trozador (*Agrotis sp.*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y áfidos (*Macrosiphum sp.*). Para su control se recomienda utilizar los insecticidas presentados en el **Cuadro 6**, cuando el daño por la plaga es superior al 5%. El control para áfidos

**Cuadro 6. Insecticidas para el control de plagas en maíz.**

Nombre comercial	Nombre técnico	Dosis (ml l <sup>-1</sup> de agua)
Acefato	Orthene, Ortan, Trofeo	2.5
Diasinon	Basudin	2.5

se debe hacer en todo el cultivo; para Trozador en forma dirigida a la base de las plantas y para cogollero en los cogollos de las plantas.

### 3.4 Siembra

Una vez controladas las malezas se procede a realizar el hoyado o surcado. El primero se logra con el uso del azadón, pala recta o espeque; obteniendo hoyos de 10 cm de profundidad (**Foto 9**). En el segundo caso, se realiza un pequeño surco de 8 a 10 cm de profundidad y de 10 a 15 cm de ancho, con la ayuda del tractor, yunta ó manualmente con el azadón (**Fotos 10, 11 y 12**).

La fertilización se debe realizar al fondo del hoyo o surco. El fertilizante debe ser cubierto con una capa delgada de



**Foto 9.** Hoyado con azadón en rastrojo de maíz.



**Foto 10. Surcado con tractor en rastrojo de trigo.**



**Foto 11. Surcado con yunta y caballo en rastrojo de maíz.**



**Foto 12. Surcado manual con azadón.**



**Foto 13. Siembra de maíz en el fondo del surco.**



**Foto 14. Tapado de semilla de maíz con tierra removida.**

suelo, y las semillas seleccionadas colocadas en cada sitio y tapadas con la misma tierra removida utilizando el azadón (**Fotos 13 y 14**).

Para la siembra, se recomienda una población de 50 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , a una distancia de 80 cm entre surcos y 50 cm entre plantas, con 2 y 3 semillas por sitio. Bajo estas condiciones la cantidad de semilla de maíz requerida para la siembra es de 30 a 40  $\text{kg ha}^{-1}$ .

## 3.5 Fertilización

### 3.5.1 Dosis según el rendimiento obtenible con enfoque de MNSE

Una recomendación general para la provincia de Bolívar está cerca de los 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, lo que concuerda con trabajos anteriores realizados por el DMSA de la EESC del INIAP. En el **Cuadro 7** se presenta la recomendación de fertilización de manera general para N, P y K de acuerdo a los resultados obtenidos en los estudios realizados en la provincia de Bolívar. En principio un agricultor debe reconocer el potencial de su lote para poder utilizar esta información. En general los sitios de alto potencial de rendimiento tienen las siguientes características:

- Suelos profundos.
- Poca pendiente.
- Alto contenido de materia orgánica (suelos negros).
- Han recibido residuos de cultivos o son parte de una rotación con pastos (terreno en descanso).

Rendimientos altos solo se consiguen en años con distribución uniforme de las lluvias, o con riego cuando este es posible. La cantidad de fertilizante recomendada disminuye a medida que se emplea mejor el fertilizante, por ejemplo incorporando luego de la aplicación, dividiendo la recomendación en varias aplicaciones, humedad adecuada del suelo, densidad apropiada de siembra. Un componente importante al definir el manejo

**Cuadro 7. Recomendaciones generales de fertilización (kg de elemento ha<sup>-1</sup>) de acuerdo al potencial de rendimiento.**

Incremento en rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento final (t ha <sup>-1</sup> )	Año de alto rendimiento, suelo de alta productividad		
		N	P <sup>1</sup>	K <sup>2</sup>
1	4	35	15	20
2	5	70	20	25
3	6	100	25	30
4	7	135	30	35
Año de bajo rendimiento, suelo de baja productividad				
		N	P	K
1	2	35	15	0
2	3	70	20	10
3	4	100	25	20
4	5	No es alcanzable		

<sup>1</sup> En el caso del P no siempre se observaron grandes diferencias entre el tratamiento completo y la parcela de omisión, la dosis es más bien conservadora basada en la extracción del grano.

<sup>2</sup> La recomendación está orientada a reponer la exportación de K en el grano. Al mantener los residuos en el campo, se puede eliminar la fertilización con K.

es la **densidad de siembra**. Al aumentar la población de plantas mejora la eficiencia de uso del fertilizante, existe menos competencia con malezas y se incrementa el rendimiento de grano.

### 3.5.2 Forma y época de aplicación del fertilizante

A la siembra, al fondo del hoyo o del surco colocar el fertilizante que contenga la tercera parte del N y todo el P y K; tapar con una capa de suelo de 2 a 3 cm.

Para mejorar la eficiencia del N se recomienda aplicar el fertilizante nitrogenado en media luna ó hacer un hoyo con un espeque en la parte superior de la planta en relación con la pendiente y tapar con una capa de suelo.

### 3.5.3 Manejo del nitrógeno

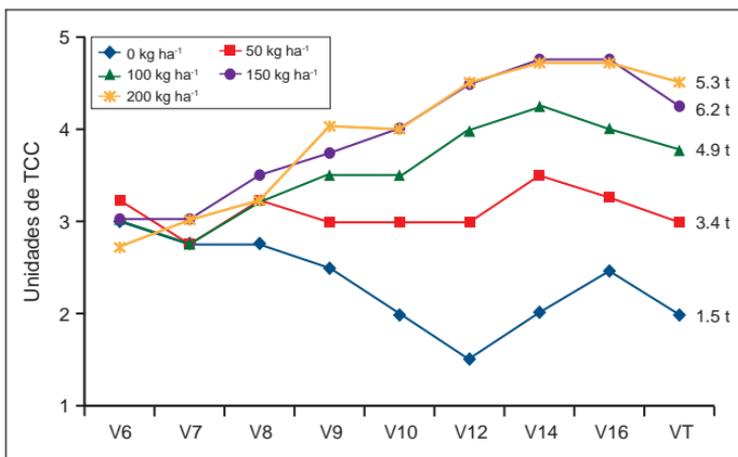
El maíz, como la mayoría de cultivos, remueven grandes cantidades de N del suelo; además, este nutriente es susceptible a perderse en forma natural por volatilización y por lixiviación (lavado); especialmente bajo condiciones de alta temperatura y humedad. Siendo el N el nutriente que más limita la producción del cultivo de maíz en la provincia de Bolívar, es necesario fraccionar la aplicación de este nutriente durante el período de mayor absorción para garantizar la eficiencia de la utilización y alcanzar altos rendimientos del cultivo. Conociendo que las etapas fisiológicas de mayor sensibilidad al estrés por falta de N en el maíz variedad INIAP-111 (Guagal Mejorado) son desde V4 (cuatro hojas abiertas) a V10 (diez hojas abiertas), se recomienda fraccionar la fuente de N en 3 aplicaciones: a

la siembra, V4 (de 30 a 35 días después de la siembra) y V8-V9 (de 65 a 70 días después de la siembra).

Sin embargo, este fraccionamiento puede ser ajustado con el uso de la Tabla de Comparación de Colores (TCC) generada por el International Rice Research Institute (IRRI) (**Foto 15**); considerando que el contenido de N en la planta está estrechamente asociado con el verdor en la hoja y el rendimiento de grano (**Figura 3**). En el caso del maíz, los estudios de validación de esta herramienta indican que el monitoreo del índice de verdor es relevante hasta V10 recomendando que para alcanzar altos rendimientos en monocultivo (maíz-maíz), el índice de verdor de las hojas debe mantenerse entre 4 y 5; en tanto que para la rotación (haba-maíz) este índice no debe ser menor a 3.5 (INIAP, 2010; García y Espinosa, 2009).



**Foto 15.** Tabla de Comparación de Colores generada por el IRRI.



**Figura 3. Valores de índice de verdor con la Tabla de Comparación de Colores y rendimiento en grano (t ha<sup>-1</sup>) en un experimento de fertilización con 5 dosis de N en Chimbo, Bolívar.**

### 3.5.4 Manejo de los otros nutrientes

En los dos primeros años de investigación se evaluó el efecto de la omisión de N, P, K, Mg y S; los resultados demostraron como limitantes de la producción de maíz en la provincia de Bolívar al N como principal, seguido del P. En los siguientes años se continuó con la evaluación de omisión de N y P, con diferentes densidades y espaciamientos de siembra; además, se estudio el fraccionamiento de N. Por lo tanto, la recomendación para el caso del K está basada en la cantidad de nutriente removido (**Cuadro 3**). En la medida de lo posible se recomienda que se extienda el uso de

parcelas de omisión a otros elementos, por ejemplo Zn, ha demostrado tener excelente respuesta en ensayos de maíz en la Costa y dada la química del Zn en el suelo es posible pensar en mejoras de rendimiento al usar este y otros micronutrientes.

En general no se encontraron mayores diferencias a la omisión de P; y por lo tanto, el rango de recomendaciones para P está en función del P removido en el grano. La manera más recomendable de aplicar el P en el suelo es en el fondo del surco o debajo del sitio de siembra en labranza cero.

#### 4. Referencias

- Córdova, J. y F. Valverde. 2002. Evaluación de la erosión causada por la labranza con arado y rastra en Carchi, Ecuador. Memorias del VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Portoviejo, Ecuador.
- García, J.P. y J. Espinosa. 2009. Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. *Informaciones Agronómicas*. 72:1-5.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2009. Datos Estadísticos Agropecuarios. Sistema Estadístico Agropecuario Nacional (SEAN). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC).
- INIAP, 2003. Informe anual del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.

- INIAP. 2009. Manejo de nutrientes por sitio específico y densidades de siembra con labranza de conservación en el cultivo de maíz. Informe anual del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.
- INIAP. 2010. Manejo de nutrientes por sitio específico bajo labranza de conservación en el cultivo de maíz. Informe anual del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.
- Parra, R., F. Valverde y S. Alvarado. 2010. Manejo de nutrientes por sitio específico con labranza mínima: Experiencias en generación de recomendaciones de fertilización en maíz (*Zea mays* L.), provincia Bolívar. Memorias del XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Santo Domingo, Ecuador.
- Valverde, F., M. Ramos, S. Estrada, J. Silva, W. Ruales y R. Parra. 2004a. Evaluación de sistemas de labranza de suelos y fertilización en la asociación maíz-frejol voluble. Boletín Técnico No. 121. Quito, Ecuador.
- Valverde, F., M. Ramos, V. Vinueza, J. Silva, W. Ruales y R. Parra. 2004b. Sistemas de labranza de conservación de suelos y fertilización fosfórica en maíz. Boletín Técnico No. 120. Quito, Ecuador.
- Vogel, A. 2000. Causas, efectos y formas de erosión de los suelos serranos. Manejo y conservación de suelos, la degradación del suelo y los cambios históricos. CAMAREN. Quito, Ecuador. 106 p.
- Witt, C., J.M. Pasuquin, and A. Dobermann. 2006. Towards a site specific nutrient management approach for maize in Asia. Better Crops with Plant Food. 90(2):28-31.

International Plant Nutrition Institute (IPNI)

### **Mayor información**

Estación Experimental Santa Catalina  
Departamento de Manejo de Suelos y Aguas  
Panamericana Sur Km 1  
Casilla 17-01-340  
Telefax: +593-2-2690694  
Correo electrónico: [laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec](mailto:laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec)