

Evaluación del efecto de aplicación urea al 46% en diferentes etapas fenológicas del maíz

Enrique Zeballos S *, Alejandro Sánchez.**

*Coordinador de Investigación del Instituto Superior Agropecuario Muyurina;
zeballosenrique41@gmail.com

**Estudiante de tesis del Instituto Superior Agropecuario Muyurina;
alexitosaguz@gmail.com

Resumen

El principal propósito de la investigación es evaluar el efecto de la aplicación de nitrógeno con urea al 46% en tres planes de aplicación de 50, 100 y 150 kg/hectárea en el cultivo de maíz de la variedad Chane-31, utilizando un diseño de investigación de bloques completos al azar con arreglo de tratamiento factorial $3 \times 5 + 1$ (con cuatro repeticiones) con estudio cuantitativo. Se utilizó una superficie de 1473 m² con una población de 9639 semillas, utilizando un muestreo probabilístico aleatorio simple según Moya (2014). Se realizaron tres pruebas, con tres niveles de nitrógeno 50, 100 y 150 kg/hectárea. Para esta investigación se utilizaron materiales como azadón, palas, punzón, rattrillos, cinta métrica. Primero se obtuvo 3326 kg de maíz, con la segunda dosis 4718 kg de maíz, y 3488kg de maíz con la tercera dosis.

Palabras clave: Suelo, maíz, tratamiento, fertilizante, rendimiento, urea.

1. Introducción

A pesar de los grandes esfuerzos hechos en la investigación sobre el requerimiento nutritivo en Santa Cruz-Bolivia, los rendimientos por hectárea a nivel nacional han aumentado muy poco durante los últimos diez años.

En más del 70 por ciento de las fincas productoras de maíz en Bolivia se encuentran rendimientos por debajo de los 3500 - 4000 kg ha⁻¹ y el rendimiento promedio nacional sigue siendo de 4100 kg ha⁻¹. Esto se atribuye principalmente a la falta de fertilización y un mal control de malezas.

La siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál será el impacto de utilizar urea (46%) en suelos con bajo contenido de nitrógeno, que tienen rendimientos pobres de cultivos, por la degradación de suelos?

Según ANAPO (2016, pág. 87), las recomendaciones presentadas han sido

elaboradas como estimaciones de las dosis de nitrógeno (N) a aplicar a los cultivos de maíz en la Zona del norte Integrado (Santa Cruz-Bolivia).

La respuesta a fertilizantes del cultivo de maíz depende de una gama de condiciones de fertilidad del suelo, clima y manejo pero no deben considerarse como excluyentes de otras condiciones posibles. (Paz, 2007, pág. 167).

Según estudios realizados por Manavolta (2008, pág. 205), la disponibilidad de N mineral para los cultivos se definió como la suma del N del suelo (nitratos de 0 a 60 cm) más la dosis de N del fertilizante aportado a los 40 días después de la siembra.

Montañes (2010, pág. 234), sobre la respuesta de nitrógeno en diferentes sistemas de siembra. No se detectaron efectos significativos de estas variables sobre la respuesta de los cultivos a la disponibilidad de N y por lo tanto, no se separaron las poblaciones por sistema de labranza o antecesor.

En el sitio IBCE (2019, pág. 34) Edgar Orquera, Responsable del “Programa Maíz” del CIAT, explicó que el desarrollo y la producción de este grano depende de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, es una especie con alta producción de biomasa y requiere altas cantidades de nitrógeno.

Asimismo, Everth Ríos, investigador del programa, argumentó que estas investigaciones mostraron que la urea se debe aplicar de forma fraccionada, una primera parte en la siembra y la otra cuando la planta tenga 6 hojas; cuando llegue a la floración comienza a estabilizarse y a partir de ello necesita otros nutrientes como es el fósforo, el potasio y azufre IBCE (2019, pág. 23).

Según INTA (2017, pág. 34) para alcanzar rendimientos elevados en el cultivo de maíz y que estos sean sostenidos en el tiempo es fundamental el manejo de la nutrición en el cultivo.

Se implementaron 4 tratamientos con diferentes dosis de aplicación de nitrógeno: la aplicación de 29 kg/ha N, 60,8 kg/ha N y 91,2 kg/ha N. En estados tempranos el agregado de nitrógeno mejoró la cobertura inicial, incrementó el área foliar en floración y maximizó el número de granos/m² Bush (2005, pág. 25).

El propósito del trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de nitrógeno con urea al 46% en tres planes de aplicación de 50, 100 y 150 Kg/hectárea en el cultivo maíz (*Zea maíz*) en la variedad Chane-31, aplicando en 3 etapas fenológicas de la planta, para incrementar el rendimiento, en la zona norte del departamento de Santa Cruz, en la Estación Experimental Agrícola de Saavedra “EEAS”.

El maíz junto al trigo y otros cereales, es uno de los alimentos básicos de toda la Humanidad que permite una gran variedad de alimentos y preparaciones. Por otro lado, el maíz es también utilizado como materia prima para la elaboración de raciones en el sector pecuario. (Bull, 2003, pág. 65).

Claire (2005, pág. 22), indica las siguientes características del cultivo de maíz: planta: es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual, **tallo:** simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los cuatro metros de altura, es robusto y sin ramificaciones.

2. Métodos

Se utiliza un diseño de investigación de bloques completos al azar con arreglo de tratamiento factorial 3 x 5 + 1 (con cuatro repeticiones) con estudio cuantitativo.

Utilizando una hipótesis de investigación donde se menciona que la aplicación de nitrógeno en los estadios de mayor demanda, favorece al crecimiento, desarrollo y producción de grano de maíz.

Se utilizó una superficie de 1473 m² con una población de 9639 semillas, utilizando un muestreo probabilístico aleatorio simple según Moya (2014).

Las variables independientes son: fertilizante nitrogenado, plan de Fertilización y las variables dependientes tenemos la altura de planta, altura de mazorca, diámetro del tallo, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, granos por hileras, peso de 100 granos.

El experimento comienza con la pre-siembra, en el área experimental se procedió al desbrozado, después de la siembra y del rebrote de las malezas se aplicó herbicida de control total (Glifosato 3.0 l/ha + Gramoxone 3 l/ha) aplicado con mochila manual.

Luego, se realizó de forma manual la siembra del ensayo, con ayuda de una matraca en las distancias descritas en el punto anterior, se depositaron 2-3 semillas por golpe a una profundidad de 3 cm, para luego dejar 2 planta por golpe.

Las labores culturales que se realizaron durante el desarrollo del ensayo, fueron las siguientes:

- **Resiembra**

A los 7 días después de la siembra manual del cultivo mediante el Punzón, se realizó la resiembra, ya que en algunas zonas de la parcela no emergieron las plantas deseadas, con esta práctica se busca obtener la densidad correcta de plantas en el ensayo.

- **Raleo**

A los 10 días después de la emergencia del cultivo, se realizó el raleo manual, dejando dos plántulas por golpe, esto con el fin de tener una población uniforme de plantas de 4 – 5 plantas/m lineal y una población de 55000 plantas/ha.

- **Control de malezas**

El control de malezas se realizó, con herbicidas: en preemergencia Aterbutox (atrazina) a razón de 2.2 kilogramo por hectárea, en post - emergente para el control de hojas anchas y gramíneas, Dual gold (S - Metolacoloro) a razón de 3 l/ha y en aplicación dirigida con Gramoxone (dicloruro de paraquat) usando 3 l/ha, después se realizaron carpidos manuales con azadón de acuerdo a la población de malezas.

Al final del ciclo se hizo una aplicación con el Disecante Gramoxone (dicloruro de paraquat) (101 d.d.s) para el control de malezas y también con el propósito de desecar las plantas de maíz a cosecha.

- **Control de plagas**

Se realizaron muestreos de plagas antes de cada aplicación para determinar el porcentaje de daño e incidencia de estos al cultivo y así realizar la aplicación correspondiente.

Se utilizó una mochila pulverizadora (20 l), la primera aplicación se realizó con el producto Luxor (Lufenurón) a razón de 300 ml/Ha. a los 14 días después de la siembra, la segunda aplicación fue con Folklore (Imidacloprid) a razón de 200 ml/Ha. a los 22 d.d.s., una tercera con Hero Home (Clorantraniliprole) a razón de 100 - 150 g/Ha. A los 31 d.d.s. y una cuarta con Spodox (Methomyl) a razón de 200 – 250 g/Ha. a los 42 d.d.s.

- **Aplicación de fertilizantes**

Para la aplicación del fertilizante se determinaron las cantidades por hectárea de acuerdo al tratamiento y luego, tomando en cuenta la longitud y la distancia entre surcos, se pesó el fertilizante para cada surco de siembra en bolsitas pequeñas de forma manual para favorecer a la distribución uniforme.

La aplicación en siembra el fertilizante se aplicó en forma manual abriendo surcos a cinco (cm) de distancia de los surcos de maíz y una vez colocado el fertilizante se procedió al tapado de forma manual con Azadón.

Fertilización después de la germinación: El nitrógeno se aplicó de acuerdo a los tratamientos planificados (VE, V6, R1 en una aplicación y aplicaciones fraccionadas (VE+V6, V6+R1).

La primera aplicación de fertilizantes en la etapa VE se realizó a los 14 días después de la siembra, V6 se aplicó a los 30 días d.d.s., después del raleo practicado. Como fuente de Nitrógeno se utilizó Urea (46 %), la tercera aplicación se realizó a los 65 días d.d.s. aplicado al suelo posteriormente aporcado con azadón.

El registro de las principales características agronómicas.

- **Condiciones meteorológicas**

También se muestran resultados sobre las condiciones edafo-climáticas durante el ensayo de cultivo de maíz para determinar los efectos del fertilizante, donde se menciona que, durante el ciclo del cultivo, la temperatura mínima promedio fue de 23.05 °C; en el mes de enero se registró la menor temperatura (21.9 °C), mientras que la mayor temperatura mínima fue de 26.8 °C. Así mismo la temperatura máxima promedio fue

de 31.2 °C, siendo que la mayor temperatura ocurrió en el mes de diciembre, con 32.4 °C.

La disponibilidad de nutrientes durante todo el ciclo de cultivo fue abastecida adecuadamente, lo que perjudico fue una mala distribución hídrica que ocasionó una pérdida de nitrógeno por lixiviación y afectó en el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz.

Las precipitaciones mensuales mostraron diferencias de cantidad y uniformidad, siendo la más alta en el mes de enero con 457,2 mm seguido de marzo con 176,2 mm, febrero con 141,8 mm y la más baja corresponde al mes de diciembre con 137,2 mm.

Como se observa, las precipitaciones mensuales muestran una mala distribución afectando en la etapa reproductiva donde las exigencias del cultivo para su desarrollo no fueron las ideales ya que se dio por encima de la precipitación óptima.

- **Altura de planta**

Se tomaron 10 plantas al azar de cada U.E. y se midió la distancia en cm, desde la base de la planta al punto donde nace la hoja bandera, para luego obtener y promediar los datos y calificarlos de acuerdo a una escala.

- **Altura de inserción de la mazorca**

De las mismas 10 plantas utilizadas para medir la altura de plantas, se registró la distancia en cm, desde la base de la planta hasta el nudo de la mazorca superior y se clasificó de acuerdo a una escala:

- **Diámetro del tallo (cm)**

Se tomaron 10 plantas al azar de cada unidad experimental y se determinó esta medida en el segundo nudo de la parte inferior del tallo,

para tal efecto se utilizó un calibrador vernier, registrando los datos en cm.

- **Acame de la raíz (%)**

Este dato se tomó al final del ciclo del cultivo antes de la cosecha, registrándose el número de plantas que tuvieron una inclinación de 30° o más a partir de la perpendicular de la base de la planta donde comienza la zona radical.

- **Acame de tallo (%)**

Este dato se tomó al final del ciclo del cultivo y antes de la cosecha, registrándose el número de plantas rotas por debajo de la mazorca superior, también se identificaron aquellas plantas que presentaron tallos débiles y de poca calidad pero que todavía no se han acamado, empujando suavemente la planta.

- **Cosecha**

La cosecha se la realizó cuando el cultivo alcanzo la madurez a cosecha y el grano presentaba una humedad de 20 - 25 %. Se cosecharon de forma manual los tres surcos centrales por unidad experimental, seguidamente se etiquetaron para trasladarlas a la Estación Experimental Agrícola de Saavedra y continuar con la evaluación de las mazorcas cosechadas.

Parámetros Evaluados

- **Peso de campo (kg)**

Una vez cosechada cada unidad experimental, se procedió al pesado de las mazorcas con marlo y sin chala, registrando este dato en kilogramos.

- **Diámetro de mazorca (cm)**

Se tomaron al azar cinco mazorcas por unidad experimental y se midió el diámetro en

centímetros de la parte central de cada mazorca.

- **Longitud de mazorca (cm)**

En las mismas cinco mazorcas donde se midió el diámetro, se determinó la longitud de la mazorca en cm, midiendo la distancia desde la base hasta el ápice de la mazorca.

- **Hileras por mazorca (Nro)**

En las mismas cinco mazorcas anteriormente evaluadas se contó el número hileras de cada una de las mazorcas para obtener un valor promedio.

- **Granos por hilera (Nro)**

Una vez determinado el número de hileras por mazorca, se procedió a contar el número de granos por hilera de cada mazorca, para sacar un valor promedio para esta variable.

- **Peso de 100 granos (g)**

Se procedió a desgranar las cinco mazorcas seleccionadas al azar de donde se contaron 100 granos por cada unidad experimental, seguidamente se procedió al registro del peso en gramos.

- **Relación grano marlo (RGM) (%)**

Se tomaron al azar 5 mazorcas representativas por cada unidad experimental, pesando las mazorcas con marlo, seguidamente se desgranaron y se determinó el peso sin marlo.

- **Rendimiento (kg/ha)**

Se determinó el peso en campo, el contenido de humedad se ajustó al 13% para cada tratamiento, seguidamente se calculó el rendimiento por hectárea de cada una de las unidades experimentales con la siguiente fórmula:

$$Rto \quad (kg/ha) = PC.((100-Hc)/(100-Hs)).(10000/AP).(10000/AP).RGM \quad (\%)$$

Por otro lado, Los instrumentos y/o materiales a utilizar son: estacas, sogas, azadón, punzón, rastrillo, cinta, métrica, baldes, bolsas, como material de gabinete tenemos: cuaderno de apuntes, borrador y lápiz, bolígrafo, papel bond, computadora y accesorios, los equipos y maquinarias a utilizar fueron: tractor con sus implementos (rome plow, rastra, subsolador), mochila manual de 20 litros.

3. Resultados

El impacto de haber utilizado urea (46%) con las iteraciones de dosis de nitrógeno y épocas de aplicación, afectó significativamente al rendimiento, con el tratamiento: 100 kg N ha⁻¹, aplicados en VE + V6, se presentó el mayor rendimiento (5.541 kg ha⁻¹), siendo éste significativamente superior al resto de los tratamientos.

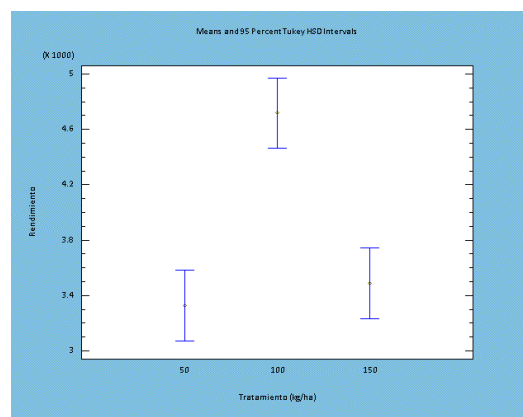
Con respecto a las épocas de aplicación de nitrógeno, cuando el fertilizante es aplicado de forma fraccionada, es decir en 50% en VE y el 50 % restante en V6, el peso de grano del maíz es significativamente mayor. Así mismo, se puede observar que las aplicaciones totales y tempranas no tienen un efecto favorable sobre el peso del grano.

Estos resultados permiten aseverar que bajo las condiciones en las que se ejecutó este trabajo de investigación, la fertilización con nitrógeno es más eficiente cuando se aplica una parte a la siembra y otra en V6, cuando ocurre el mayor requerimiento de este nutriente.

Por otro lado, se muestra los resultados del efecto de aplicación de nitrógeno con urea al 46% en sus tres niveles de aplicación, donde el rendimiento del maíz fue modificado significativamente ($P < 0.05$) según el

software statgraphics stratus por la aplicación de las diferentes dosis de nitrógeno, como también por la época en que el fertilizante fue aplicado. Así mismo, se observaron diferencias estadísticamente significativas en la interacción de los dos factores en estudio.

Haciendo la comparación de medias aplicando Tukey utilizando el software statgraphics stratus tenemos el siguiente gráfico:



Esta gráfica muestra el Rendimiento medio para cada nivel de Tratamiento (kg/ha). También muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos que se muestran actualmente se basan en el procedimiento de diferencia de Tukey. Están contruidos de tal manera que si todas las medias son iguales, todos los intervalos se superpondrán el 95% del tiempo. Cualquier par de intervalos que no se superpongan verticalmente corresponde a un par de medias que tienen una diferencia estadísticamente significativa.

4. Conclusiones

La aplicación de urea está relacionado con el crecimiento vegetativo debido a tasas altas de fotosíntesis (área foliar total), altura planta, diámetro de tallos, mayor tamaño de la mazorca. Los resultados muestran que el aumento en la dosis de 100-150 kg/N/hectárea en la etapa fenológica VE+V6 trae

como consecuencia un aumento en la asimilación de CO₂ y repercute en un aumento de la biomasa de la planta y mayor rendimiento de grano.

Cuando el nitrógeno se aplica de manera fraccionada, en la etapa fenológica VE y V6, influye en el número de granos por hilera y como consecuencia mayor rendimiento aplicando niveles de 100- 150 Kg de nitrógeno por hectárea; en los siguientes parámetros agronómicos como ser: altura planta la dosis de 100 kg/ha. alcanzó la mayor altura con 211 cm; la inserción del mazorca 111cm en VE+V6; en cuanto a la longitud de mazorca el mejor fue el la dosis de 100kg de nitrógeno/hectárea con 19,3 cm; en diámetro de mazorca la etapa fenológica VE+V6 logro 4,48 cm; en número de hileras las diferencias fueron mínimas y en número de granos por hilera la dosis de 100 kg/N ha alcanzo a 34 y los otros tratamientos con ligeras diferencias en relación al testigo. El mayor peso de grano (33 g) fue observado en el tratamiento con 100 kg de N ha-1, el mismo que resultó estadísticamente superior a las dosis de 50 y 150 kg.

De acuerdo a las condiciones climáticas registradas en este estudio la precipitación fue superior al requerimiento del cultivo, alcanzando a 912.4 mm que perjudico a su normal desarrollo. El mes de enero fue el más lluvioso con 457,2 mm de la misma forma en la etapa de maduración con 176,2mm. Así mismo durante el desarrollo se registraron temperaturas que estuvieron dentro los requerimientos del cultivo. En cuanto al suelo se pudo observar que el contenido de materia orgánica en el suelo fue bajo (1.7%) y de la misma manera el nitrógeno con 0.09%.

Se puede observar que el plan 100kg de nitrógeno es el obtuvo mayor respuesta seguido del plan de 150 kg/hectárea con 3488 kg/hectárea y por último el plan de 5° kg/hectárea que sólo alcanzó a 3326 kg/ hectárea.

Se puede afirmar que en estados tempranos el nitrógeno mejoró la cobertura inicial, incrementó el área foliar en floración y maximizó el número de granos/hilera y mejoro el rendimiento.

De acuerdo a los resultados del análisis estadístico, el rendimiento menor observado fue de 2654.98 kg, el promedio general fue de 3844.25 kg, mientras que el valor más alto fue de 5541.57 kg. Sobre las dosis de nitrógeno, fue observado un incremento significativo con la aplicación de 100 kg de N ha-1 sobresaliendo sobre el resto.

Según la hipótesis se afirma que el fertilizante nitrogenado aplicado (Urea 46%) tiene respuesta en cada uno de los tratamientos, especialmente en la etapas fenológica aplicado el fertilizante fraccionado en VE+V6 que permitió mayor desarrollo de área foliar en la planta y como consecuencia mayor capacidad fotosintética mejor rendimiento. En cuanto a la dosis de aplicación con 100 kg de nitrógeno por hectárea.

Referencias

- AGUIRRE, C. 2010. *Fertilización orgánica en maíz dulce* (Zea mays var. Saccharata). Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE. Corrientes - Argentina.
- ANAPO (2014), *El cultivo de Maíz recomendación técnica*. Boletín N°12. Santa Cruz Bolivia 54
- ALDRICH, S.R. 2004. *Producción moderna de maíz*. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- ALLARD, G.W., 2000. *Principios de la mejora genética de las plantas*. Editorial Omega. Barcelona, España.
- BENITES, K., 2001. *Factores de mejoramiento en producción de maíz híbrido*.

- Disponible en:
www.viarurla.com.ar.
- BULL, L 2003. *Cultivo de maíz, factores que afectan la productividad Piracicaba*, Brasil
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo)., 1988. *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. CIMMYT. México D. F., México.
- CLAURE, 2005. *Curso de especialización en producción de maíz*. Postgrado por tutoría a distancia “Relación suelo-agua-planta y nutrición del maíz”. Pelotas, Brasil.
- CRUZ, 2006. *Relación suelo – planta – hombre en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* “Exigencias edafoclimáticas el cultivo del maíz” Disponible en: www.ftpctic.agr.ucv.ve/intranet/postgrado/suelo/maiz.doc.
- DIAS, M.F. 2002. *Efecto de la fertilización foliar en el rendimiento y el contenido de carbohidratos, nitrógeno fosforo y potasio en frejol (phaseolus vulgaris L.)*Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Colombia
- DOTTA, H, 2008. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Ed. Montaner Simón S.A.Barcelona, España.556 p.
- EMBRAPA, 2007. *Recomendações Técnicas para o cultivo do milho / empresa*.
- ESCOBAR, J, 2005. *Manual sobre abonos orgánicos*, Santa Cruz. Bolivia CIAT.
- FAO, 2002. *Guía de fertilizantes y nutrición vegetal*. Boletín N°9. Roma, Italia
- GUERRERO, A., 2001, *El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos*. Editorial Limusa. México. D.F.
- LLANOS, M., 2000. *El maíz su cultivos y aprovechamiento*. Ed. Mundi Prens.Madrid España
- MALAVOLTA , 2008. *Fertilidad y fertilización editorial*. UTHEA. México, 25 p.
- MASAGUÉ, A, 2002. *Influencia del ambiente durante la etapa de llenado del grano en la expresión de la calidad comercial del maíz colorado duro*. Ed. hemisferio sur Buenos Aires Argentina.
- INTA, 2001. *El cultivo de maíz*. Ed. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Disponible en; www.inta.gov.ar/balcarce/info/informacion.htm.
- MELGAR, R., TORRES, M. 2011. *Manejo de la fertilización en maíz*. Proyecto Fertilizar. INTA Pergamino, Buenos Aires. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210722.pdf>
- MONTAÑÉS, A., 2010. *Guía de fertilizantes y nutrición vegetal*. Boletín N°9. Roma, Italia.
- PAZ, P., 2004. *Investigador de maíz (CIAT)*. Información personal Santa Cruz Bolivia.
- PAZ, P., 2007. *Investigador de maíz (CIAT)*. Información personal Santa Cruz Bolivia.
- PEARSONS, D., 2002. *Manuales para la educación agropecuaria*. Editorial Trillas. México, D.F.