



Efectividad de tres dosis de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amiláceo (*Zea mays L.*)

Effectiveness of three doses of nitrogen in two sowing densities of starchy corn (*Zea mays L.*)

Eficácia de três doses de nitrogênio em duas densidades de semeadura de milho amiláceo (*Zea mays L.*)

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.295>

Hugo Daniel García Juárez¹
hgarcia@ucv.edu.pe

Erick Smith Silva Mejías²
ericksmithsm1994@gmail.com

Antonio Rafael Rodríguez Abraham¹
rrodriguezabraham@yahoo.es

Jenny Jeanette López Córdova³
jlopez@unf.edu.pe

Rony Alexander Piñarreta Olivares³
rpinarreta@unf.edu.pe

¹Universidad César Vallejo. Trujillo-Perú

²Universidad San Pedro. Piura, Perú

³Universidad Nacional de frontera. Piura, Perú

Artículo recibido 19 de junio 2024 / Arbitrado 24 de julio 2024 / Publicado 20 de septiembre 2024

RESUMEN

La fertilización adecuada con Nitrógeno (N) permite un mejor retorno económico que se evidencia en la calidad y producción de los cultivos. Los agricultores de maíz necesitan ajustar las dosis de N a las densidades de la siembra para obtener la mayor productividad de la cosecha y menores efectos adversos al medio ambiente; por consiguiente, esta investigación se planteó como objetivo determinar la efectividad de tres dosis de N en dos densidades de siembras de maíz amiláceo (*Zea mays L.*), en Cieneguillo Centro Sullana, región de Piura, en Perú. Se realizó una investigación evaluativa, con un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 3x2, con cuatro repeticiones, para un total de 24 tratamientos. Las variables independientes o factores, estuvieron constituidas por la concentración de Nitrógeno en forma de Urea (N1:100, N2:150 y N3:200 kg/ha) y la densidad de la siembra, D1: 75000 y D2: 93750, plantas por hectárea (p/ha). La variable dependiente o respuesta, se consideró la productividad del cultivo la cual se midió a través de las características del rendimiento de la cosecha: longitud y diámetro de la mazorca, peso de 100 granos y altura de planta. Se puede destacar como resultado que la combinación de los factores de concentración de nitrógeno de 200kg/ha y la densidad de 93750 p/ha obtuvo el mayor rendimiento en cuanto a longitud y diámetro de mazorca, peso de 100 granos y altura de la planta.

Palabras clave: Densidad de la siembra; Dosis de Nitrógeno; Maíz amiláceo; Productividad del cultivo *Zea mays*; Rendimiento de la cosecha de *Zea mays*

ABSTRACT

Adequate nitrogen (N) fertilization allows a better economic return that is evident in crop quality and production. Corn farmers need to adjust N doses to planting densities to obtain the highest crop productivity and less adverse effects to the environment; therefore, the objective of this research was to determine the effectiveness of three N doses in two planting densities of starchy corn (*Zea mays L.*), in Cieneguillo Centro Sullana, Piura region, Peru. An evaluative research was carried out with an experimental design of Randomized Complete Blocks (DBCA) with a factorial arrangement of 3x2, with four replications, for a total of 24 treatments. The independent variables or factors were constituted by the concentration of nitrogen in the form of urea (N1:100, N2:150 and N3:200 kg/ha) and planting density, D1: 75,000 and D2: 9,3750 corn plants per hectare (p/ha). The dependent variable or response was crop productivity, which was measured through the characteristics of crop yield: ear length and diameter, weight of 100 grains and plant height. It can be highlighted as a result that the combination of nitrogen concentration factors of 200kg/ha and density of 93750 p/ha obtained the highest yield in terms of ear length and diameter, 100-grain weight and plant height.

Key words: Seeding density; Nitrogen dosage; Starchy corn; *Zea mays* crop productivity; *Zea mays* crop yield

RESUMO

A fertilização adequada com azoto (N) permite melhores retornos econômicos que são evidentes na qualidade e produção das culturas. Os produtores de milho precisam ajustar as doses de N às densidades de plantio para obter a maior produtividade das culturas e menos efeitos adversos ao meio ambiente; portanto, esta pesquisa teve como objetivo determinar a eficácia de três doses de N em duas densidades de plantio de milho amiláceo (*Zea mays L.*), em Cieneguillo Centro Sullana, região de Piura, Peru. Foi realizada uma pesquisa avaliativa com um desenho experimental de Blocos Completos Aleatórios (DBCA) com um arranjo fatorial de 3x2, com quatro repetições, para um total de 24 tratamentos. As variáveis independentes ou fatores foram constituídos pela concentração de azoto sob a forma de ureia (N1:100, N2:150 e N3:200 kg/ha) e a densidade de sementeira, D1: 75000 e D2: 93750 plantas de milho por hectare (p/ha). A variável dependente ou resposta foi considerada a produtividade da cultura, que foi medida através das características de rendimento da cultura: comprimento e diâmetro da espiga, peso de 100 grãos e altura da planta. Como resultado, pode-se destacar que a combinação dos fatores concentração de nitrogênio de 200kg/ha e densidade de 93750 p/ha obteve a maior produtividade em termos de comprimento e diâmetro de espiga, peso de 100 grãos e altura de planta.

Palavras-chave: Densidade de sementeira; Dosagem de azoto; Milho com amido; Produtividade da cultura de *Zea mays*; Rendimento da cultura de *Zea mays*

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es un cereal muy nutritivo ya que contiene alto contenido en: almidón, proteínas como la zeína, ácido linoleico, vitaminas como la A y la B, fibra y minerales, por esta razón es uno de los cultivos más preciados (1,2). En Perú, es la siembra más importante en extensión ocupando aproximadamente 520 mil hectáreas al año a nivel nacional, siendo el sustento directo de 82 mil familias de productores; lo que demuestra su importancia socioeconómica para el país. Del total de hectáreas aproximadamente 300 mil corresponden a maíz amarillo duro y 220 mil son de maíz amiláceo. Sin embargo, la demanda actual por este cereal es mayor que la producción, solo se llega a abastecer el 29% y el resto del mercado debe suplirse con importaciones que ocasionan gasto de divisas para el país (3).

Por consiguiente, para que la producción nacional de maíz pueda atender la demanda nacional es necesario elevar los rendimientos, y para ello se debe atender varios factores como: utilizar semillas de híbridos de alto potencial y tolerantes a enfermedades, aplicar fertilizante y el uso de técnicas de siembra con diferentes densidades de plantas de maíz por hectárea (3, 4).

En el contexto de esta investigación, la provincia de Sullana, región de Piura, en Perú se caracteriza por ser una zona agrícola, con variedad de cultivos, entre ellos el maíz

amiláceo. Los agricultores de esta zona no logran una mejor producción de sus siembras porque existen deficiencias nutricionales en el suelo. La fertilización por N es uno de los factores que contribuyen a la optimización de la producción en las siembras de *Zea mays* (5-7), ya que participa en diversos procesos fisiológicos de gran importancia para el desarrollo de las plantas (8) y su aplicación en dosis adecuadas, permite aumentos significativos en el rendimiento de la cosecha.

Al respecto la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (9) señala que los fertilizantes denominados nutrientes primarios a base de Nitrógeno, Fosforo y Potasio (NPK) proporcionan a las plantas los elementos necesarios para su crecimiento y desarrollo. Entre ellos, el Nitrógeno (N) es esencial ya que constituye del 1 al 4% del extracto seco de la planta, es absorbido desde la tierra bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+), genera un metabolismo equilibrado que permite la elaboración de carbohidratos y proteínas.

Sin dejar a un lado las bondades de la fertilización con N, para las siembras de *Zea mays*, también existe preocupación por un uso excesivo. Una de las razones es porque el cultivo recupera menos del 50% del N aplicado, el exceso de N en el suelo, percola a las capas inferiores, afectando la calidad del agua subterránea por su alta concentración de nitratos, y la producción

de gases de efecto invernadero se incrementa significativamente, por consiguiente, mejorar de forma simultánea el rendimiento de granos y la eficiencia en el uso de nitrógeno (EUN) ha sido reconocido como una estrategia necesaria para el desarrollo de la agricultura sostenible (10).

Otro de los factores que influye en el rendimiento del cultivo de *Zea mays* es la densidad de siembra, la cual se define como la cantidad de plantas por unidad de área del terreno. Está estrechamente relacionada al distanciamiento de la plantación la cual se ve influenciada por competencia de otras plantas de una especie a otra, y, además, con una mayor o menor eficiencia de captación de la radiación solar, en función del área foliar y la disposición de sus hojas (11, 12). Por consiguiente, este factor representa un buen indicador en la producción de la siembra.

En síntesis, el rendimiento de un cultivo es el resultado de los procesos vitales de la planta, como: la nutrición, fotosíntesis, transpiración, traslocación y almacenamiento de nutrientes; que a su vez dependen de la interacción de la constitución genética, los factores climáticos, la nutrición del suelo y la densidad de la siembra (13,14).

Por las razones antes mencionadas, existe interés en contribuir al conocimiento del efecto de la fertilización, con Nitrógeno, para la agricultura y su relación con otras condiciones del cultivo de

Zea mays, esto se evidencia con las investigaciones que han generado aportes para la agronomía en la producción de este cereal, consiguiendo siembras con un mayor rendimiento en cuanto a la cantidad y calidad del grano de maíz (12, 15-19). Sin embargo, en cada contexto pueden cambiar las necesidades y las características edafoclimáticas, por esto es importante contextualizar la investigación, en el campo, y con las condiciones del clima y del suelo de forma particular. Por consiguiente, esta investigación se planteó como objetivo determinar la efectividad de tres dosis de Nitrógeno, en forma de Urea (N_1 :100, N_2 :150 y N_3 :200 kg/ha) y la densidad de la siembra, D_1 : 75000 y D_2 : 93750, plantas de maíz por hectárea (p/ha) en el rendimiento de la cosecha de *Zea maíz* L, en Cieneguillo Centro Sullana, región de Piura, en Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo de tipo experimental. Para lo cual se empleó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA) y arreglo factorial de 3x2, con cuatro repeticiones, para un total de 24 tratamientos. Las variables independientes o factores, estuvieron constituidas por la concentración de Nitrógeno en forma de Urea (N_1 :100, N_2 :150 y N_3 :200 kg/ha) y la densidad de la siembra, D_1 : 75000 y D_2 : 93750, plantas de maíz

por hectárea (p/ha). Como variable dependiente o respuesta, se consideró la productividad del cultivo la cual se midió a través de los indicadores del rendimiento de la cosecha: longitud y diámetro de la mazorca, peso de 100 granos y altura de planta.

El experimento se ejecutó en Cieneguillo Centro Sullana, provincia Sullana, distrito Bellavista, departamento de Piura, en Perú. Ubicación geodésica en las coordenadas: UTM 538671.77 Este, 9454605.96 Norte. La altitud de 75msnm, el promedio de humedad relativa de

82%. El suelo de esta zona se clasifica como franco arenoso, caracterizado por presentar textura media, mediana retención de agua y buen drenaje; con un pH entre 6 y 7 (20).

El área experimental estuvo constituida por un área de 1370.6 m², con 38.5 m de largo y 35.6 m de ancho. Cada bloque con un área de 401.6 m², con 50.20 m de largo y 8.0 m de ancho y cada parcela con un área de 48 m² (8mLX6mA). Los factores y su distribución en las parcelas se observan en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Factores de la investigación.

Factor	Nivel	Código
Dosis de fertilizante [N]	100 kgN/ha	N ₁
	150 kgN/ha	N ₂
	200 kgN/ha	N ₃
Densidad	75000 plantas/ha	D ₁
	93750 plantas /ha	D ₂

La Tabla 2, muestra la composición de cada tratamiento, en los tres primeros el factor dosis de fertilizante, a base de urea [N], 100, 150 y 200 kilogramos de Nitrógeno por hectárea; con la

misma densidad D₁, de 75000 plantas por hectárea, los tres últimos conformados por las diferentes concentraciones del fertilizante con la densidad D₂, de 93750 plantas por hectárea.

Tabla 2. Características de los tratamientos.

Nº	Tratamiento Fertilizante [N] – Densidad de plantas	Código
1	100 kgN/ha - 75000 plantas/ha	N ₁ D ₁
2	150 kgN/ha - 75000 plantas/ha	N ₂ D ₁
3	200 kgN/ha - 75000 plantas/ha	N ₃ D ₁
4	100 kgN/ha - 93750 plantas/ha	N ₁ D ₂
5	150 kgN/ha - 93750 plantas/ha	N ₂ D ₂
6	200 kgN/ha - 93750 plantas/ha	N ₃ D ₂

El número de plantas de maíz fue de 10 080 plantas correspondientes a un área de 1370.06 m² que se evaluaron en dos densidades de siembra por hectárea con tres dosis de fertilizante a base de Urea, con una muestra de 10 plantas por cada parcela experimental.

El procedimiento comenzó con la preparación del terreno, se realizó un riego de machaco, para proporcionar una saturación de agua necesaria que facilitara el arado y control de larvas de gusano de tierra, transcurridos dos días, el terreno agrícola se consideró con la suficiente humedad para realizar la aradura, con tres pases del arado de discos. Posteriormente, se realizó el nivelado y surcado a los distanciamientos de 0.8 m entre surcos y 0.4 m entre golpe y el segundo distanciamiento fue de 0.8 m entre surco y 0.5 entre golpe. El marcado del campo de experimentación, consistió en la demarcación de las parcelas experimentales, caminos y bloques, para lo cual se utilizó cal, y posteriormente se procedió a medir las distancias correspondientes. También se utilizaron bastones para marcar las calles y bloques.

La siembra de las semillas de maíz amiláceo (*Zea mays L. ssp. amiláceo*), se realizó de forma manual, con la ayuda del cordel para la siembra, el cual tenía marcas de separación cada 0.40 m y 0.50 m de distancia entre golpes. Se colocaron 5 semillas por golpe.

El desahije se realizó 20 días después de la siembra, cuando las plantas tenían aproximadamente entre 15 y 20 cm de altura, consistió en entresacar y dejar tres plantas por golpe, con el objeto de uniformizar la población evitando la competencia por nutrientes.

El riego fue realizado cinco veces, cada 15 días después de la siembra, durante el periodo experimental. Así mismo los deshierbos se realizaron de forma manual a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra, se controlaron malezas como la verdolaga (*Portulaca oleracea*), amor seco (*Bidens pilosa*) y el yuyo (*Amaranthus hybridus*). Para el control fitosanitario se aplicaron pesticidas, para el gusano de tierra (*Phyllophaga spp*), se usó 1.5 L/ha de Lorsban 4E y para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se utilizó 0.1 L/ha del Absolute® 60 SC.

De acuerdo a la distribución de los factores N₁, N₂ y N₃, el fertilizante se aplicó 15 días después de la siembra, cuando el maíz tenía cuatro hojas extendidas de acuerdo al análisis de suelo y de manera localizada al costado de cada golpe, la segunda aplicación del fertilizante se realizó a los 45 días después de la siembra, antes de inicio de la floración masculina y también de forma localizada.

La cosecha del maíz se realizó 130 días después de la siembra, se recolectaron 10 plantas al azar de los dos surcos centrales de cada parcela

experimental a las cuales se midió desde el nivel de suelo hasta el nudo ciliar para el cálculo del promedio del tamaño de la planta. Asimismo, se recolectaron al azar, diez mazorcas de cada parcela, a estas se les determinó el promedio de: (a) Longitud de la mazorca, en centímetros (cm), se obtuvo midiendo la distancia entre la base y el ápice de la mazorca; (b) Diámetro central de la mazorca, en la parte central de las mazorcas, se midió su diámetro utilizando un calibrador; (c) Peso de la mazorca, se pesaron las diez mazorcas de cada parcela, en una balanza analítica con precisión al centigramo. Se procedió a desgranar las mazorcas para obtener: Peso de 100 granos, con este fin, se tomaron dos muestras aleatorias de 100 granos enteros y se registró su peso ajustado a la humedad.

Por último, se determinó el Rendimiento del maíz amiláceo por el peso en Kg /ha del maíz desgranado, de las mazorcas en estado seco, recolectadas de los dos surcos centrales de cada parcela experimental, con un área de 9.60 m². A los datos obtenidos se les aplicó un ANOVA y los promedios fueron comparados con la prueba o Test de Duncan con 0.05 nivel de significancia.

RESULTADOS

Rendimiento del maíz

El análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento del maíz amiláceo en grano seco (kg/ha) Tabla 3, revela resultados significativos en varios factores. No se encontraron diferencias significativas en los bloques (NS), mientras que las densidades de siembra mostraron un efecto altamente significativo ($p < 0.01$) con un valor de F de 9.49, indicando que afectan notablemente el rendimiento. Asimismo, las diferentes fuentes de nitrógeno presentaron un efecto significativo ($p < 0.05$) con un valor de F de 3.94, sugiriendo que la elección de la fuente de nitrógeno influye en el rendimiento. La interacción entre las fuentes de nitrógeno y las densidades fue también altamente significativa ($p < 0.01$) con un valor de F de 5.32, lo que indica que el efecto de las densidades varía según la fuente de nitrógeno utilizada. Con un coeficiente de variación (CV) del 8.67%, la variabilidad en los datos es moderada, lo que sugiere oportunidades para optimizar el rendimiento mediante la combinación adecuada de estos factores.

Tabla 3. Análisis de varianza para rendimiento Maíz amiláceo en grano seco (kg/ha).

FV	GL	SC	CM	FC	SIG
Bloques	3	0.12	0.04	0.11	NS
Densidades	1	3.24	3.24	9.49	**
Fuentes de N	2	2.69	1.34	3.94	*
Interacción	2	3.63	1.82	5.32	**
Error	15	5.13	0.34		
Total	23	8.49			

CV= 8.67 %

Los resultados de la Tabla 4, muestran el efecto de la densidad de plantas y la dosis de nitrógeno sobre el peso del maíz amiláceo en grano seco (kg/ha). Se presentan dos densidades de plantas: D1 (75,000 plantas/ha) y D2 (93,750 plantas/ha). En la densidad D1, el peso del grano seco varió entre 6,414 kg/ha (N1) y 7,740 kg/ha (N3), siendo este último el más alto y significativamente diferente ($p < 0.05$). En la densidad D2, los pesos también fueron elevados, con un rango de 7,590 kg/ha (N1)

a 7,935 kg/ha (N3), destacando nuevamente la dosis N3. La media general del efecto de las dosis de nitrógeno indica que a medida que aumenta la dosis, también lo hace el rendimiento, con valores de 7,002 kg/ha (N1), 7,340 kg/ha (N2) y 7,722 kg/ha (N3), siendo este último significativamente superior. Estos resultados sugieren que tanto la densidad de plantas como la dosis de nitrógeno son cruciales para maximizar el rendimiento del maíz amiláceo.

Tabla 4. Efecto de la densidad de las plantas, dosis de Nitrógeno e interacción sobre el tratamiento en peso de maíz amiláceo grano seco (kg/ha).

Densidad de plantas	Dosis de Nitrógeno (Urea) (Kg/ha)			Efecto de la densidad de las plantas
	N ₁	N ₂	N ₃	
D ₁	6,414c	6,637c	7,740a	6,931 b
D ₂	7,590ab	7,664ab	7,935a	7,407 a
Efecto dosis de Nitrógeno	7,002C	7,340B	7,722A	

D₁= 75.000 plantas/ha; D₂= 93.750 plantas/ha; N₁=100 kgN/ha; N₂= 150 kgN/ha; N₃=200 kgN/ha

Longitud de la mazorca

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de la mazorca en centímetros revelan información significativa sobre las distintas fuentes de variación. En primer lugar, los bloques y la densidad no mostraron diferencias significativas (NS, lo que sugiere que estos factores no influyen en la longitud de la mazorca en este experimento. Sin embargo, las fuentes de nitrógeno (N) resultaron ser altamente

significativas ($p < 0.01$), con un valor de F de 7.50, indicando que diferentes niveles de nitrógeno tienen un impacto considerable en la longitud de la mazorca. La interacción entre las fuentes de N y otros factores también fue no significativa (NS). El coeficiente de variación (CV) del 3.04% sugiere que la variabilidad de los datos es baja, lo que refuerza la fiabilidad de los resultados obtenidos en el estudio.

Tabla 5. Análisis de varianza para la longitud de la mazorca (cm).

FV	GL	SC	CM	FC	SIG
Bloques	3	6.92	2.31	0.01	NS
Densidad	1	1.04	1.04	0.01	NS
Fuentes de N	2	3118.31	1559.15	7.50	**
Interacción	2	3.11	1.55	0.01	N.S
Error	15	3117.26	207.82		
Total	23	29.12			

CV = 3.04 %

Los resultados de la Tabla 6, muestran el impacto de la densidad de plantas y las dosis de nitrógeno (urea) en la longitud de la mazorca de *Zea mays*. Se observa que a una densidad de 75,000 plantas/ha (D1), la longitud de la mazorca varía entre 19.02 cm y 19.98 cm, con una tendencia significativa hacia mayores longitudes en dosis más altas de nitrógeno (N3). En contraste, a una densidad de 93,750 plantas/ha (D2), las longitudes

son consistentemente más altas, alcanzando un máximo de 20.14 cm en N3. El efecto promedio de las dosis de nitrógeno también resalta que N3 produce la mayor longitud de mazorca (20.06 cm), seguido de N2 (19.71 cm) y N1 (19.44 cm). Estos resultados sugieren que tanto la densidad de plantas como la dosis de nitrógeno son factores críticos que influyen positivamente en el crecimiento de las mazorcas de maíz.

Tabla 6. Efecto de la densidad de las plantas, dosis de Nitrógeno e interacción en la longitud de la mazorca de *Zea mays* (cm).

Densidad de plantas	Dosis de Nitrógeno (Urea) (Kg/ha)			Efecto de la densidad de las plantas
	N ₁	N ₂	N ₃	
D ₁	19.02c	19.69b	19.98a	19.53b
D ₂	19.86 ^a	19.84 ^a	20.14a	19.95a
Efecto de la dosis de Nitrógeno	19.44C	19.71B	20.06 A	

D₁ = 75.000 plantas/ha; D₂ = 93.750 plantas/ha; N₁ = 100 kgN/ha; N₂ = 150 kgN/ha; N₃ = 200 kgN/ha

Diámetro de la mazorca

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro de la mazorca en centímetros Tabla 7, indican diferencias significativas entre las variables estudiadas. Los bloques mostraron un efecto significativo ($p < 0.05$), lo que sugiere que la variabilidad entre los bloques es relevante. En contraste, la densidad de plantas no presentó diferencias significativas (NS), lo que indica que este factor no influye en el diámetro de la mazorca.

Las fuentes de nitrógeno (N) demostraron ser altamente significativas ($p < 0.01$), con un valor de F de 15.01, lo que resalta su impacto en el aumento del diámetro. La interacción entre las fuentes de N y otros factores también fue no significativa (NS). El coeficiente de variación (CV) del 3.73% indica una baja variabilidad en los datos, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos en el estudio.

Tabla 7. Análisis de varianza para el diámetro de la mazorca (cm).

FV	GL	SC	CM	FC	SIG
Bloques	3	560.48	186.83	5.00	*
Densidades	1	0.01	0.01	0.00	NS
Fuentes de N	2	1120.50	560.25	15.01	**
Interacción	2	0.08	0.04	0.00	NS
Error	15	560.01	37.33		
Total	23	29.12			

CV = 3.73 %

Los resultados de la Tabla 8, ilustran el efecto de la densidad de plantas y las dosis de nitrógeno (urea) en el diámetro de la mazorca de *Zea mays*. A una densidad de 75,000 plantas/ha (D1), el diámetro de la mazorca varía entre 6.75 cm y 6.89 cm, mostrando un aumento significativo con la dosis más alta de nitrógeno (N3), que alcanza 6.89 cm. En la densidad de 93,750 plantas/ha (D2), los diámetros son generalmente más altos, con valores

que oscilan entre 6.86 cm y 6.91 cm, destacando nuevamente N3 como la dosis más efectiva. El efecto promedio de las dosis de nitrógeno muestra que N3 produce el mayor diámetro (6.84 cm), seguido de N1 (6.81 cm) y N2 (6.79 cm). Estos resultados sugieren que tanto la densidad de plantas como la dosis de nitrógeno son factores determinantes que influyen positivamente en el diámetro de las mazorcas de maíz.

Tabla 8. Efecto de la densidad de las plantas, dosis de Nitrógeno e interacción en el diámetro de la mazorca de *Zea mays* (cm).

Densidad de plantas	Dosis de Nitrógeno (Urea) (Kg/ha)			Efecto de la densidad de las plantas
	N ₁	N ₂	N ₃	
D ₁	6.75b	6.80b	6.89a	6.81b
D ₂	6.86a	6.79b	6.91a	6.85a
Efecto de la dosis de Nitrógeno	6.81AB	6.79B	6.84A	

D₁= 75.000 plantas/ha; D₂= 93.750 plantas/ha; N₁=100 kgN/ha; N₂= 150 kgN/ha; N₃=200 kgN/ha

Peso de la mazorca

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el peso de la mazorca en gramos (Tabla 9), revelan información clave sobre los factores estudiados. Los bloques mostraron un efecto significativo ($p < 0.05$), con un valor de F de 4.99, lo que indica que hay variabilidad notable entre los bloques experimentales. Sin embargo, la densidad de plantas no presentó diferencias significativas (NS), sugiriendo que este factor no

influye en el peso de la mazorca. Asimismo, las fuentes de nitrógeno (N) y la interacción entre estas y otros factores también resultaron no significativas (NS). El coeficiente de variación (CV) del 14.45% indica una variabilidad moderada en los datos, lo que sugiere que, aunque los bloques tienen un impacto, la densidad y las fuentes de nitrógeno no afectan el peso de la mazorca en este estudio.

Tabla 9. Análisis de varianza para el peso de la mazorca (g).

FV	GL	SC	CM	FC	SIG
Bloques	3	2612.17	87072	4.99	*
Densidades	1	1562	1562	0.09	NS
Fuentes de N	2	476	238	0.01	NS
Interacción	2	2046	1023	0.06	NS
Error	15	261576	17438		
Total	23	524831			

CV = 14.45 %

Los resultados de la Tabla 10 muestran el impacto de la densidad de plantas y las dosis de nitrógeno (urea) en el peso de la mazorca de *Zea mays*. A una densidad de 75,000 plantas/ha (D1), se observan pesos de mazorcas que varían entre 134.63 g y 144.20 g, donde la dosis más alta de nitrógeno (N3) presenta un peso notablemente mayor (144.20 g). En comparación, a una densidad de 93,750 plantas/ha (D2), los pesos son más

altos, alcanzando hasta 161.70 g en N3. El efecto promedio de las dosis de nitrógeno indica que N3 produce el mayor peso (150.39 g), seguido de N2 (148.05 g) y N1 (141.82 g). Estos resultados sugieren que tanto la densidad de plantas como la dosis de nitrógeno son factores críticos que contribuyen al aumento del peso de la mazorca, destacando la importancia de una adecuada fertilización para optimizar la producción de maíz.

Tabla 9. Efecto de la densidad de las plantas, dosis de Nitrógeno e interacción en el peso de la mazorca de *Zea mays* (g).

Densidad de plantas	Dosis de Nitrógeno (Urea) (Kg/ha)			Efecto de la densidad de las plantas
	N ₁	N ₂	N ₃	
D ₁	134, 63c	139, 53b	144, 20b	139, 45 b
D ₂	149, 01b	156, 58a	161, 7a	155.59 a
Efecto de la dosis de Nitrógeno	141, 82C	148, 05B	150, 39A	

D₁= 75.000 plantas/ha; D₂= 93.750 plantas/ha; N₁=100 kgN/ha; N₂= 150 kgN/ha; N₃=200 kgN/ha

Peso de 100 granos de *Zea mays*

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el peso de 100 granos Tabla 11, en gramos indican que ninguno de los factores evaluados mostró un efecto significativo. Los bloques presentaron un valor de F de 0.78, lo que sugiere que la variabilidad entre bloques no es relevante (NS). Asimismo, la densidad de plantas no mostró diferencias significativas, con un valor de F de 0.20. Las fuentes de nitrógeno (N) también resultaron

no significativas, con un valor de F de 0.70, lo que indica que diferentes niveles de nitrógeno no afectan el peso de los granos. La interacción entre las fuentes de N y otros factores fue igualmente no significativa, con un valor de F de 0.14. El coeficiente de variación (CV) del 2.48% sugiere que la variabilidad en los datos es baja, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados, aunque indica que los factores estudiados no influyen en el peso de 100 granos.

Tabla 11. Análisis de varianza para el peso de 100 granos (g).

FV	GL	SC	CM	FC	SIG
Bloques	3	14.28	4.76	0.78	NS
Densidades	1	1.21	1.21	0.20	NS
Fuentes de N	2	8.57	4.29	0.70	NS
Interacción	2	1.67	0.84	0.14	NS
Error	15	91.68	6.11		
Total	23	103.15			

CV = 2.48 %

Los resultados de la Tabla 12 muestran el efecto de la densidad de plantas y las dosis de nitrógeno (urea) en el peso de 100 granos de *Zea mays*. A una densidad de 75,000 plantas/ha (D1), el peso de 100 granos varía entre 98.58 g y 100.28 g, donde la dosis de 150 kg N/ha (N2) presenta el mayor peso (100.28 g). En contraste, a una densidad de 93,750 plantas/ha (D2), los pesos son ligeramente más altos, oscilando entre

99.41 g y 100.63 g, con N2 nuevamente como la dosis más efectiva (100.63 g). El efecto promedio de las dosis de nitrógeno indica que N2 produce el mayor peso (100.45 g), seguido de N3 (99.59 g) y N1 (99.00 g). Estos resultados sugieren que la densidad de plantas y las dosis de nitrógeno tienen un efecto limitado en el peso de 100 granos, siendo N2 la dosis más favorable para maximizar este parámetro.

Tabla 12. Efecto de la densidad de las plantas, dosis de Nitrógeno e interacción en el peso de 100 granos *Zea mays* (g)

Densidad de plantas	Dosis de Nitrógeno (Urea) (Kg/ha)			Efecto de la densidad de las plantas
	N ₁	N ₂	N ₃	
D ₁	98.58a	100.28a	99.50a	99.45 a
D ₂	99.41a	100.63a	99.68a	99.90 a
Efecto de la dosis de Nitrógeno	99.00A	100.45A	99.59A	

D₁ = 75.000 plantas/ha; D₂ = 93.750 plantas/ha; N₁ = 100 kgN/ha; N₂ = 150 kgN/ha; N₃ = 200 kgN/ha

DISCUSIÓN

Para contrastar los resultados de esta investigación se consideraron aquellas investigaciones que compartían características edafoclimáticas, ya que estas se consideran factores que pueden ocasionar variaciones en la producción del cultivo de *Zea mays*.

Se encontraron diferencias significativas en el efecto de las dosis de Nitrógeno y la densidad de la siembra, se obtuvo mayor rendimiento de maíz amiláceo en grano seco de 7935kg/ha con la dosis N₃, 200kg de N y la densidad de siembra de 93750 plantas/ha (D₂). Este resultado coincide con los encontrados por Campos (17), en el 2019, quien reportó que la densidad de las plantas y la concentración de Nitrógeno, Fosforo y Potasio inciden en el rendimiento del maíz amiláceo duro (*Zea mays* L.) Híbrido Pioneer 30F87. Asimismo, también coincide con los resultados de Nole Zapata (21), acerca del efecto de tratamientos sobre densidades de siembra, el mayor rendimiento del maíz se obtuvo con la dosis de Nitrógeno de

200kg/ha, con una densidad de plantas de 75000 plantas/ha, la otra densidad reportada, en esta investigación, era menor.

Con respecto a los efectos de las interacciones y dosis de Nitrógeno de acuerdo a las características morfo productivas se encontró que para: la longitud de mazorca, el diámetro de la mazorca, la altura de la planta y el peso de 100 granos se evidenciaron diferencias altamente significativas para el efecto de dosis de nitrógeno y densidad de la siembra. La mayor longitud de la mazorca de 20.06 cm, con la fuente de Nitrógeno de 200 kgN (N₃), y la densidad de siembra D₂, de 93750 plantas/ha. Para la dosis N₂ y N₁ (150 y 100kgN) se obtuvieron mazorcas de longitud 19.71 y 19.44 cm respectivamente.

En relación al diámetro de las mazorcas, el mayor diámetro de la mazorca fue de 6.91 cm con la densidad de siembra de 93750 plantas (D₂) y dosis de 200kg/h de nitrógeno (N₃). Con relación al peso de la mazorca el mayor de la interacción fue de 161.7gramos con la densidad de 93750 (D₂)

y la dosis de 200kg N (N_3). el mayor peso de 100 granos fue de 100,63 g, se obtuvo con la dosis de nitrógeno N_2 de 150kgN.

En este mismo orden de ideas, Cervante (22) y Ccente (18), encontraron que la densidad de la población de plantas de maíz, afectó estadísticamente el rendimiento, la floración y el índice de prolificidad. Así como también modificó el diámetro y longitud de mazorca y el número de semillas por hilera. Por su parte la concentración de nitrógeno presentó diferencias estadísticas para el número de mazorcas por planta, el diámetro y la longitud, y el peso de las semillas. Coinciden en concluir, que el rendimiento de la siembra determinado por lo caracteres morfológicos de la mazorca y del grano de maíz amiláceo, se ve influenciado por la densidad de las plantas y la dosis de fertilización del Nitrógeno.

Sin embargo, Chura et al (23) reportaron que en su estudio la interacción de los factores no fue significativa. Pero señalan que el mayor rendimiento en grano de *Zea mays*, aproximadamente de 11 toneladas por hectárea fue obtenido con una dosis de 200 kg. Recomiendan que una concentración entre los 180 a 280 kg/ha, permite mayor influencia en el rendimiento del diámetro de mazorca, en el número de granos por hilera y finalmente en el peso de la mazorca.

CONCLUSIONES

El rendimiento de la siembra de *Zea mayz* L determinado por lo caracteres morfológicos de

la mazorca y del grano de maíz amiláceo, se ve influenciado por la densidad de las plantas y la dosis de fertilización del Nitrógeno.

Para efecto de las interacciones de fuentes de dosis de Nitrógeno y densidades de siembra se obtuvo mayor rendimiento de maíz amiláceo en grano seco con la dosis 200kg de N (N_3) y la densidad de siembra de 93750 plantas/ha (D_2).

La densidad de siembra que mejor se adecuó para el rendimiento del maíz amiláceo fue de 93750 plantas por hectárea (D_2) alcanzando un rendimiento de 7 407kg/ha superado estadísticamente a la densidad de 75000 plantas/ha que alcanzó un rendimiento de 6931 kg de maíz /ha.

El tratamiento de mejor respuesta en el nivel de fertilización y densidad de siembra para el rendimiento del maíz amiláceo fue a la dosis de Nitrógeno de 200 kgN con 7702 kg maíz y densidad de siembra de 93750 plantas superando al resto de las interacciones que alcanzó el mayor promedio que fue de 7935kg de maíz en grano seco.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses par la publicación de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chan-Chana M, Moguel-Ordóñez Y, gallegos-Tintoréa S, Chel-Guerreroa L, Betancur-Anconaa D. Caracterización química y nutrimental de variedades de maíz (*Zea mays* L.) de alta calidad de proteína (QPM) desarrolladas en Yucatán, México. 2021; Rev. Ciencias Biológicas y de la Salud, Biotec. 23 (2): 11-21. <https://www.scielo.org.mx/pdf/biotecnia/v23n2/1665-1456-biotecnia-23-02-11.pdf>

2. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO Composición química y valor nutritivo del maíz. [sf https://www.fao.org/3/t0395s/T0395S03.htm](https://www.fao.org/3/t0395s/T0395S03.htm)
3. Agencia Agraria de Noticias. Agraria.pe Entrevista al gerente de la línea de semillas de Hortus, Ing. Carlos García. 2019 <https://agraria.pe/noticias/el-maiz-es-el-cultivo-mas-importante-en-extension-para-el-pe-22033>
4. Flores-Gallardo H, Ojeda-Bustamante W, Flores-Magdaleno H, Sifuentes-Ibarra E, Mejía-Saénz E. Simulación del rendimiento de maíz (*Zea mays L.*) en el norte de Sinaloa usando el modelo AQUACROP. 2013; *Agrociencia*, 47 (4), 347-359. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30226975004.pdf>
5. Lugo D, López F, Martínez A, Morel E, Osmar D, Servin A, et al. Formas de aplicación y dosis de nitrógeno en la producción de maíz chipá de la variedad guaraní v253. 2022. *Cienc Lat Rev Científica Multidiscip*, 6(1):4346–59. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/1803/2568>
6. Delgado R, Velásquez L, Cabrera de Bisbal E. Época de aplicación y tipo de fertilizante nitrogenado sobre el patrón de acumulación de materia seca y nitrógeno del maíz en un Ultisol y un Mollisol de Venezuela. 2004. *Agron. Tropical*, 54(4), 461-480. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000400006
7. Sotomayor Álvarez R, Chura Chuquiya J, Calderón Mendoza C, Sevilla Panizo R, Blas Sevillano R. Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. 2017, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. *Anales Científicos*, 78 (2): 232-240 (2017) DOI: https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1061/pdf_61
8. Fallas R, Bertsch F, Echandi C, Henríquez C. Caracterización del desarrollo y absorción de nutrimentos del híbrido de maíz HC-57. 2011, *Agron. Costarricense*; 35(2): 33-47. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v35n2/a03v35n2.pdf>
9. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. 2012. <https://www.fao.org/3/i3028s/i3028s.pdf>
10. Muñoz L, Cedeño-García G, Cedeño García G, Avellan Cedeño B. Rendimiento, rentabilidad y eficiencia agronómica de nitrógeno en maíz de secano con fertilización foliar complementaria de Zn y Mo. *Manglar*. 2022; 19(3),239-246. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.030>
11. Barraco M, Díaz Zorita M. Momento de fertilización nitrogenada en cultivos de maíz en hapludoles típicos. 2005. *Cienc. Suelo*, 23 (2): 197-203. <https://citarea.cita-aragon.es/bitstream/10532/3794/1/CER0003.pdf>
12. Torres DM. Fertilización Nitrogenada del Cultivo de Maíz-2002. 2002. p. 1–4. Available from: <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/fertilizacion-nitrogenada-del-cultivo-de-maiz.pdf>
13. Blanco-Valdes Y, González-Viera D. Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). 2021. *Cultiv Trop*, 42(3):8. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
14. Quiroga A, Bono, A. Métodos de diagnóstico de fertilización; 2012. Manual de fertilidad y Evaluación de Suelos. EEA Anguil: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://www.academia.edu/51072116/Manual_de_fertilidad_y_evaluacion_de_suelos_compress
15. Chérrez V. (2015). Evaluación de dos distancias de siembra y tres niveles de fertilización con N, P, K, en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/4262/1/13T0806%20.pdf>
16. Bush G. Fertilización nitrogenada en maíz en la región chaqueña: análisis de la respuesta del cultivo mediante un balance de nitrógeno. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía, 2005. <https://n9.cl/m0gc4>

- 17.** Campos Z. Efecto de distanciamientos de siembra y niveles de fertilización de N-P-K en el rendimiento del maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) Híbrido Pioneer 30F87 en Llaylla, Repositorio de la Universidad del Centro del Perú, Perú; 2019. URI: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4007/Campos%20Raymundo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 18.** Ccente N. Influencia de la densidad y fertilización en los caracteres morfológicos de Mazorca y grano de maíz amiláceo cv. PMD-638. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú; 2012. URI: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/248/TCVNJ-367.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 19.** Castro P. Momentos de aplicación de la fertilización nitrogenada a base de sulfato de amonio en el cultivo de maíz choclo (*Zea mays L.*) en el valle del Medio Piura. 2018, Universidad Nacional del Perú. <https://n9.cl/52kvht>
- 20.** Grüneberg B, Dadi T, Lindim C, Fischer H. Effects of nitrogen and phosphorus load reduction on benthic phosphorus release in a riverine lake. March 2015 Biogeochemistry 123(3):185 – 202. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10533-014-0062-3>
- 21.** Nole J. Efecto de tres dosis de fertilizantes NPK en dos densidades de siembra en maíz choclo (*Zea mays L.*). Cieneguillo Centro – Sullana- 2019. Repositorio de la Universidad San Pedro, Piura, Perú. 2021. <https://repositorio.usanpedro.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e9572ec7-da07-4615-98ce-b8ae3db746f1/content>
- 22.** Cervantes-Ortíz F, Covarrubias-Prieto J, Rangel-Lucio J, Terrón-Ibarra A Mendoza-Elos M, Preciado-Ortiz R. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. 2013. Agron. Mesoam. 24(1), 101-110. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v24n1/a10v24n1.pdf>
- 23.** Chura J, Mendoza-Cortez J, de la Cruz J. Dosis y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. 2019. Sci. Agropecu 10(2): 241 – 248 (2019) <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v10n2/a10v10n2.pdf>