

Rendimiento de maíz bajo un diseño factorial con aplicación foliar de bioestimulante y ácido húmico

Corn yield under a factorial design with foliar application of biostimulant and humic acid

Produtividade do milho em um projeto fatorial com aplicação foliar de bioestimulante e ácido húmico

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.439>

Kennedy Santiago Gomez Lopez¹

2201010144@undc.edu.pe

Juan Saldívar Villarroel¹

jsaldivar@undc.edu.pe

Raymunda Verónica Cruz Martinez¹

rcruz@undc.edu.pe

Luis Felipe Bendezu Diaz²

luis.bendezu@unica.edu.pe

Jorge Luis Magallanes Magallanes²

jorge.magallanes@unica.edu.pe

¹Universidad Nacional de Cañete. San Vicente de Cañete, Perú

²Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. Ica, Perú

Artículo recibido: 7 de noviembre 2025 / Arbitrado: 26 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

La baja fertilidad del suelo y la escasez de agua limitaron la producción de maíz, lo que requirió el empleo de estrategias sostenibles. En este contexto, los bioestimulantes y ácidos húmicos optimizaron la absorción de nutrientes y aumentaron el rendimiento del cultivo. **Objetivo:** El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación por vía foliar de diferentes fuentes de bioestimulantes y ácido húmico sobre el rendimiento y las características morfológicas y fenológicas del cultivo de maíz amarillo duro híbrido en la zona media del valle de Ica. **Materiales y métodos:** Se utilizó un enfoque cuantitativo con un diseño de bloque completamente randomizado con arreglo factorial 3B x 3H más un testigo (sin aplicación), formando 10 tratamientos con 5 repeticiones haciendo un total de 50 unidades experimentales, se evaluaron variables como floración, altura de planta, diámetro de tallo, características de la mazorca y rendimiento de grano seco. **Resultados:** Los resultados mostraron un coeficiente de variabilidad que fluctúa entre 1.43% a 9.76%, asegurando la confiabilidad de los datos. Se evidenciaron diferencias estadísticas en el rendimiento de grano seco, donde el ácido húmico a 4 Lt/ha alcanzó 9,714 Kg/ha, mientras que el bioestimulante en dosis de 0.75 y 1.0 Lt/ha obtuvo 9,457 y 9,257 Kg/ha, respectivamente. Las combinaciones más productivas fueron Atonik 0.375 Lt/ha + Humita 4 Lt/ha con 10,423 Kg/ha, seguido de Atonik 0.75 Lt/ha + Humita 2 Lt/ha con 9,956 Kg/ha. **Conclusiones:** El uso de ácido húmico y bioestimulante influyó significativamente en el rendimiento del maíz, destacando la combinación Atonik 0.375 Lt/ha + Humita 4 Lt/ha con 10,423 Kg/ha. Estos resultados confirmaron la efectividad de dichos tratamientos para mejorar la productividad del cultivo.

Palabras clave: Absorción; Aplicación; Fertilidad; Productividad; Rendimiento; variabilidad

ABSTRACT

Low soil fertility and water scarcity limited maize production, requiring the use of sustainable strategies. In this context, biostimulants and humic acids optimized nutrient uptake and increased crop yield. **Objective:** The objective of this work was to evaluate the effect of foliar application of different sources of biostimulants and humic acid on yield and morphological and phenological characteristics of hybrid hard yellow corn in the middle zone of the Ica valley. **Materials and methods:** A quantitative approach was used with a completely randomized block design with a 3B x 3H factorial arrangement plus a control (without application), forming 10 treatments with 5 replications for a total of 50 experimental units, variables such as flowering, plant height, stalk diameter, ear characteristics and dry grain yield were evaluated. **Results:** The results showed a coefficient of variability that fluctuated between 1.43% and 9.76%, assuring the reliability of the data. Statistical differences were evidenced in dry grain yield, where humic acid at 4 Lt/ha reached 9,714 kg/ha, while the biostimulant at doses of 0.75 and 1.0 Lt/ha obtained 9,457 and 9,257 kg/ha, respectively. The most productive combinations were Atonik 0.375 Lt/ha + Humita 4 Lt/ha with 10,423 Kg/ha, followed by Atonik 0.75 Lt/ha + Humita 2 Lt/ha with 9,956 Kg/ha. **Conclusions:** The use of humic acid and biostimulant significantly influenced corn yield, highlighting the combination Atonik 0.375 Lt/ha + Humita 4 Lt/ha with 10,423 Kg/ha. These results confirmed the effectiveness of these treatments to improve crop productivity.

Key words: Absorption; Application; Fertility; Productivity; Yield; Variability

RESUMO

A baixa fertilidade do solo e a escassez de água limitaram a produção de milho, exigindo o uso de estratégias sustentáveis. Nesse contexto, os bioestimulantes e os ácidos húmicos otimizaram a absorção de nutrientes e aumentaram a produtividade da cultura. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação foliar de diferentes fontes de bioestimulantes e ácidos húmicos sobre a produtividade e as características morfológicas e fenológicas do milho híbrido amarelo duro na zona central do vale de Ica. **Materiais e métodos:** Foi utilizada uma abordagem quantitativa com um delineamento em blocos completamente aleatórios com arranjo fatorial 3B x 3H mais um controle (sem aplicação), formando 10 tratamentos com 5 repetições, perfazendo um total de 50 unidades experimentais. Foram avaliadas variáveis como floração, altura da planta, diâmetro do caule, características da espiga e rendimento de grãos secos. **Resultados:** Os resultados mostraram um coeficiente de variabilidade que variou de 1,43% a 9,76%, garantindo a confiabilidade dos dados. As diferenças estatísticas foram evidentes no rendimento de grãos secos, em que o ácido húmico a 4 Lt/ha atingiu 9.714 kg/ha, enquanto o bioestimulante nas doses de 0,75 e 1,0 Lt/ha obteve 9.457 e 9.257 kg/ha, respectivamente. As combinações mais produtivas foram Atonik 0,375 Lt/ha + Humita 4 Lt/ha com 10.423 kg/ha, seguido por Atonik 0,75 Lt/ha + Humita 2 Lt/ha com 9.956 kg/ha. **Conclusões:** O uso de ácido húmico e bioestimulante influenciou significativamente a produtividade do milho, com a combinação Atonik 0,375 Lt/ha + Humita 4 Lt/ha se destacando com 10.423 kg/ha. Esses resultados confirmaram a eficácia desses tratamentos na melhoria da produtividade da cultura.

Palavras-chave: Absorção; Aplicação; Fertilidade; Produtividade; Rendimento; Variabilidade

INTRODUCCIÓN

En la península de Corea, el maíz fue introducido antes de mediados del siglo XVI y, desde entonces, su cultivo se extendió ampliamente. Se recopilaron más de 3000 razas locales de maíz coreano, las cuales fueron almacenadas en el banco de genes del Centro Nacional de Agrobiodiversidad de Corea, representando aproximadamente la mitad del germoplasma total de maíz conservado en dicha institución (1). El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal diploide ($2n = 2x = 20$), anual y monoico, perteneciente a la familia Poaceae (Gramineae). A nivel mundial, este cultivo ocupó el tercer lugar en importancia después del trigo y el arroz (2). Su amplia distribución geográfica y su gran diversidad genética fueron resultado de procesos de domesticación, adaptación a distintos entornos y esfuerzos de mejoramiento a lo largo del tiempo (3,4).

Debido a sus múltiples aplicaciones, el maíz se consolidó como el tercer cereal más cultivado en más de 170 países, además de ser empleado durante décadas como un modelo en estudios genéticos. Su éxito económico se debió a características especiales que incrementaron su valor tanto en la alimentación como en la industria (3). En los Andes peruanos, el maíz se constituyó como uno de los principales alimentos básicos, caracterizándose por una notable diversidad fenotípica en términos de morfología de la planta,

color y tamaño del grano, así como en sus distintos usos. No obstante, el conocimiento sobre su componente genético sigue siendo limitado (5).

Por otro lado, el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo (CE) definió a los bioestimulante vegetales como aquellos productos fertilizantes capaces de estimular los procesos de nutrición en las plantas, sin depender del contenido de nutrientes del producto, con el propósito de mejorar una o más características de la planta o de la rizosfera (6). Los bioestimulante emergieron como una clase innovadora de productos diseñados para mitigar los efectos adversos del estrés térmico en los cultivos (7).

Estos compuestos, de origen natural o sintético, fueron aplicados tanto al suelo como a las plantas con el fin de modificar procesos fisiológicos y mejorar el rendimiento agrícola (8). En particular, los bioestimulante de origen vegetal (PDB) se caracterizaron por su contenido de aminoácidos libres y polipéptidos, obtenidos a través de procesos de extracción e hidrólisis enzimática. Asimismo, se clasificaron en función de su fuente y composición, incluyendo sustancias húmicas, extractos de algas marinas, extractos vegetales y productos con aminoácidos (9).

Los ácidos húmicos, componentes esenciales del humus del suelo, también fueron empleados como bioestimulante. Su aplicación se realizó directamente al suelo o mediante pulverización foliar, promoviendo la proliferación

de microorganismos benéficos (10). Estos compuestos constituyeron la fracción principal de las sustancias húmicas y se originaron a partir de la descomposición completa de la materia orgánica (11). Además, representaron más del 60% del carbono orgánico total en los suelos agrícolas (4).

En los últimos años, la fertilización foliar con bioestimulante y ácidos húmicos avanzó significativamente, contribuyendo a la mejora del rendimiento agrícola. En el caso del maíz amarillo duro híbrido, su producción se incrementó mediante la expansión agrícola y la implementación de tecnologías innovadoras. La optimización de las prácticas tradicionales resultó fundamental para mejorar la productividad del cultivo.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la aplicación foliar de diferentes fuentes de bioestimulante y ácido húmico sobre el rendimiento y las características morfológicas y fenológicas del cultivo de maíz amarillo duro híbrido en la zona media del valle de Ica. De esta manera, el estudio buscó contribuir a la mejora del rendimiento del maíz a través de la evaluación de tres dosis de bioestimulante y tres dosis de ácido húmico. Los resultados obtenidos permitirían establecer lineamientos que sirvan de guía para los agricultores en la optimización del manejo agronómico del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El análisis de la investigación se llevó a cabo en la provincia y departamento de Ica, específicamente en el fundo Yaurilla, ubicado en el distrito de Los Aquijes, en la costa sur del Perú. La ubicación geográfica del área de estudio correspondió a las coordenadas 14° 4' 50" S y 75° 40' 47" O, con una altitud de 434 msnm. El clima de la zona se caracterizó por ser árido, con temperaturas cálidas a lo largo de todo el año y precipitaciones escasas, registrando un promedio anual entre 18°C y 24°C.

Para el estudio, se empleó un diseño experimental de Bloques Completamente Randomizados con una disposición factorial, en el que se evaluaron tres dosis de bioestimulante y tres dosis de ácido húmico, además de un testigo sin aplicación Tabla 1. Se establecieron cinco repeticiones por tratamiento, conformando un total de 50 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 72 plantas, alcanzando una población total de 7,200 plantas en todo el experimento. Durante la investigación, se analizaron diversas variables agronómicas, incluyendo la floración, la altura de la planta, el diámetro del tallo, las características de la mazorca y el rendimiento de grano seco.

Tabla 1. Combinaciones de los factores en estudio.

Clave	Combinaciones	Tratamiento	
		Bioestimulante	Ácido húmico
1	b1h1	atoniK 0.5 lt/ha +	humita 2.0 lt/ha
2	b1h2	atoniK 0.5 lt/ha +	humita 4.0 lt/ha
3	b1h3	atoniK 0.5 lt/ha +	humita 6.0 lt/ha
4	b2h1	atoniK 0.75 lt/ha +	humita 2.0 lt/ha
5	b2h2	atoniK 0.75 lt/ha +	humita 4.0 lt/ha
6	b2h3	atoniK 0.75 lt/ha +	humita 6.0 lt/ha
7	b3h1	atoniK 1.0 lt/ha +	humita 2.0 lt/ha
8	b3h2	atoniK 1.0 lt/ha +	humita 4.0 lt/ha
9	b3h3	atoniK 1.0 lt/ha +	humita 6.0 lt/ha
10	Testigo	testigo sin aplicación	

Análisis de los datos

Los datos obtenidos fueron procesados utilizando un software estadístico especializado, lo que permitió realizar estadísticas descriptivas y evaluar la variabilidad mediante un Diseño en Bloques Completamente Randomizado con un arreglo factorial. Para analizar las diferencias entre las fuentes de variación en el Análisis de Varianza (ANOVA), se empleó la prueba de “F” con niveles de significancia de 0.05 y 0.01. Posteriormente, el orden de mérito de los tratamientos fue establecido mediante la Prueba de Amplitudes Límites Significativa de Duncan al nivel de 0.05.

Además, se calcularon la varianza, la desviación estándar de los promedios y los coeficientes de variación, con el objetivo de determinar la presencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software IBM SPSS

Statistics 21.0 (12), aplicando un ANOVA de dos vías y la prueba de rangos múltiples de Duncan para la comparación de medias, considerando un nivel de significación de $p \leq 0.05$. Los resultados fueron expresados en forma de media \pm desviación estándar (13).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentaron los resultados obtenidos para cada una de las variables evaluadas, incluyendo el analisis de varianza y las pruebas de amplitudes significativas de duncan. Dichos análisis fueron realizados a partir de los datos recolectados en el campo experimental. Los resultados obtenidos se mantuvieron dentro de un rango de confiabilidad aceptable.

En este contexto, el coeficiente de variabilidad de cada característica analizada evidenció una adecuada planificación y ejecución del

experimento, registrando valores que oscilaron entre 1.43 % para los días de floración femenina y 9.76 % para el diámetro del tallo. Además, el rendimiento en cultivos de especies monoicas, como el maíz (*Zea mays*), estuvo condicionado por la sincronización de la floración entre las inflorescencias masculinas y femeninas, lo que

garantizó una polinización eficiente. No obstante, la productividad se vio afectada cuando factores ambientales alteraron dicha sincronización o cuando la distribución de las plantas en el campo no permitió una superposición adecuada entre ellas (14).

Tabla 2. Análisis de varianza de los valores medios correspondientes al diseño factorial 3B × 3H, aplicado para evaluar el rendimiento total de grano seco en el cultivo de maíz híbrido.

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	Ft	
					0.005	0.01
total	49	56.643
repeticiones	4	0.782	0.195	0.5	2.63	3.89
tratamientos	9	41.928	4.658**	12.03	2.15	2.94
dosis de bioestimulante (B)	2	8.579	4.289**	11.08	3.26	5.25
dosis de ácido húmico (H)	2	16.682	8.341**	21.55	3.26	5.25
int. B.H.	4	9.332	2.333**	6.028	2.63	3.89
int. Fact. X testigo	1	7.334	7.334**	18.95	4.11	7.39
error experimental	36	13.933	0.387	.	.	.
	C.V	7.84%	**diferencia altamente significativa			
	S.X	0.32				

El análisis de varianza realizado para esta variable Tabla 2, mostró un coeficiente de variabilidad del 6.96 %, lo que evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos, las dosis de bioestimulante, las dosis de ácido húmico, así como en la interacción entre ambos factores y en la interacción factorial con el testigo. De manera similar, Hamad et al. (15) reportaron que el análisis de varianza mostró diferencias altamente

significativas entre los genotipos evaluados en todas las características estudiadas durante las temporadas de otoño y primavera de 2020. En relación con el rendimiento de brant, los valores obtenidos fueron de 0.874 y 0.6, mientras que el número de hileras por mazorca alcanzó 0.691, 0.498 y 0.671 en primavera, y 0.701, 0.516 y 0.689 en otoño. Estos resultados resaltaron la relevancia de los programas de mejoramiento genético en

maíz amarillo para optimizar el rendimiento del cultivo.

Según Gajula et al. (16), en el estudio se evaluaron seis bioestimulantes aplicados de acuerdo con las especificaciones del fabricante; sin embargo, solo se identificó una respuesta

positiva en el rendimiento del grano de maíz, la cual no resultó estadísticamente significativa en la parcela de control. Por otro lado, Oliveira et al. (17) indicaron que la aplicación del bioestimulante favoreció un incremento del 5.08 % en el peso del grano de maíz.

Tabla 3. Prueba de amplitudes significativa de DUNCAN del Factorial 3B X 3H del rendimiento total de grano seco en el cultivo de maíz híbrido.

Clave	Tratamientos	Días a la floración masculina	DUNCAN 0.05	Orden de mérito
5	atonik 0.75 lt/ha + humita 4 lt/ha	10, 423	a	1ro
4	atonik 0.75 lt/ha + humita 2 lt/ha	9, 956	a	1ro
8	atonik 1.0 lt/ha + humita 4 lt/ha	9, 919	a	1ro
7	atonik 1.0 lt/ha + humita 2 lt/ha	9, 607	ab	1ro
2	atonik 0.5 lt/ha + humita 4 lt/ha	8, 802	b	2do
3	atonik 0.5 lt/ha + humita 6 lt/ha	8, 498	b	2do
9	atonik 1.0 lt/ha + humita 6 lt/ha	8, 246	bc	2do
1	atonik 0.5 lt/ha + humita 2 lt/ha	8, 043	bc	2do
6	atonik 0.75 lt/ha + humita 6 lt/ha	7, 992	c	3ro
10	testigo sin aplicación	7, 778	c	3ro

En la prueba de amplitudes límite significativas de Duncan Tabla 3, se determinó que el tratamiento identificado con la clave 5 (Atonik 0.75 lt/ha + Humita 4 lt/ha) obtuvo el mayor rendimiento, alcanzando 10,423 kg/ha. Este fue seguido por los tratamientos 4 con 9,956 kg/ha, 8 con 9,919 kg/ha y 7 con 9,607 kg/ha. En una segunda posición se ubicaron los tratamientos 2 con 8,498 kg/ha, 9 con 8,246 kg/ha y 1 con 8,043 kg/ha. Finalmente, los tratamientos 6 con 7,992 kg/ha y 10 (testigo) con 7,778 kg/ha ocuparon el último lugar, evidenciando que todas las combinaciones evaluadas superaron ampliamente al tratamiento testigo. De manera

similar, Fan et al. (18) indicaron que la aplicación de fertilizantes foliares en el cultivo de maíz permitió un suministro eficiente de nutrientes a lo largo de su crecimiento, lo que favoreció una mejora en el rendimiento del cultivo. Además, a través de curvas de regresión, se estimó que el rendimiento del maíz disminuyó en 78 kg·ha⁻¹ durante la temporada de primavera-verano y en 76 kg·ha⁻¹ durante la temporada de otoño-invierno. Estos hallazgos demostraron que el Monitor de Sequía fue una herramienta útil para analizar la relación entre la productividad del grano de maíz de secano y la incidencia de la sequía (19).

El análisis de los efectos individuales de los tratamientos en estudio (Figura 1) sobre el rendimiento total de grano seco por hectárea evidenció diferencias estadísticamente significativas entre ellos. El tratamiento 5 (Atonik 0.75 lt/ha + Humita 4 lt/ha) registró el mayor rendimiento con 10,423 kg/ha, seguido por el

tratamiento 4 (Atonik 0.75 lt/ha + Humita 2 lt/ha) con 9,956 kg/ha, el tratamiento 8 (Atonik 1.0 lt/ha + Humita 4 lt/ha) con 9,919 kg/ha y el tratamiento 7 (Atonik 1.0 lt/ha + Humita 2 lt/ha) con 9,607 kg/ha. En contraste, el tratamiento testigo presentó uno de los valores más bajos, alcanzando solo 7,778 kg/ha.

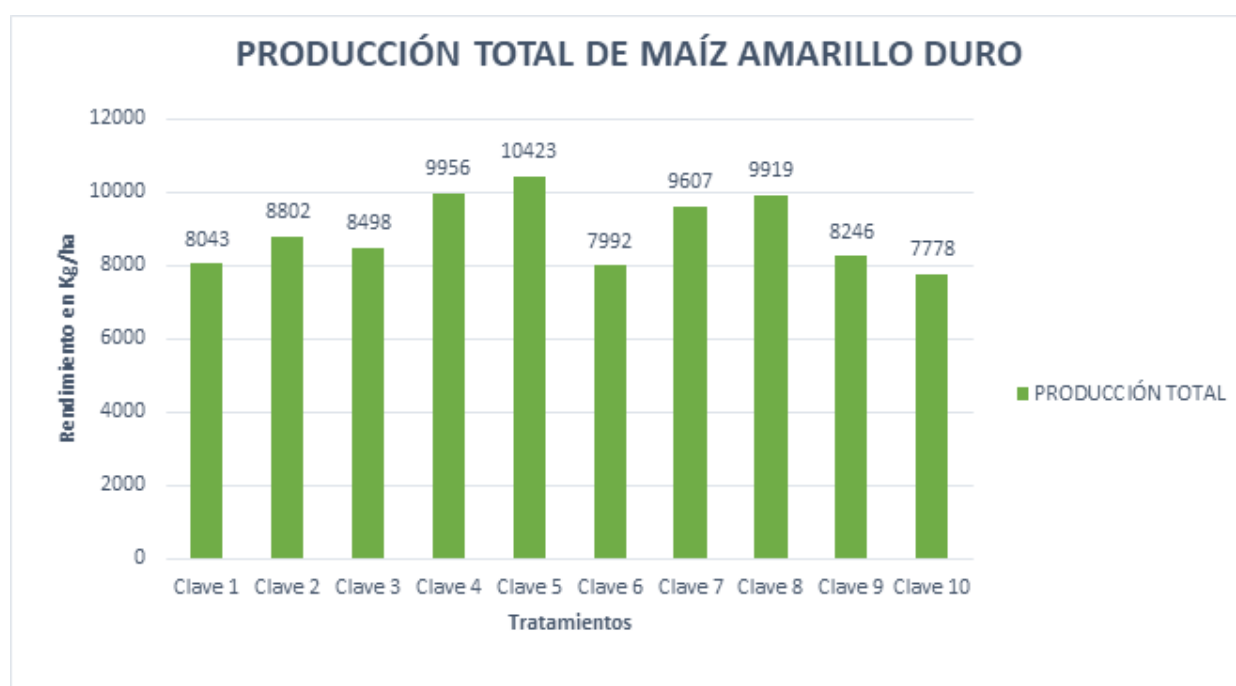


Figura 1. Producción total de maíz amarillo duro.

Investigaciones previas, como la realizada por Wojciechowicz Zytko et al. (20), tuvieron como objetivo evaluar la aplicación de bioestimulantes y ácido húmico en el rendimiento del maíz, dado que esta práctica es comúnmente utilizada por los agricultores para mejorar el crecimiento, la calidad y la cantidad de la producción. No obstante, en

el experimento desarrollado durante dos años, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento del cultivo. Se determinó que la aplicación de fertilizantes foliares, incluidos los bioestimulantes, favoreció la acumulación de nutrientes en la capa cultivable del suelo dentro del sistema radicular

del maíz, lo que permitió una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y generó condiciones óptimas para un mayor rendimiento del cultivo (21).

El rendimiento total de grano seco de maíz amarillo duro obtenido en este experimento presentó una variación promedio de 2,645 kg/ha, lo que evidenció el impacto positivo de los factores evaluados en sus diferentes niveles. En cuanto a los efectos principales, se confirmó la influencia favorable de las combinaciones de los factores en estudio, las cuales superaron significativamente al tratamiento testigo, que presentó el menor rendimiento con 7,778 kg/

ha. La aplicación foliar en maíz híbrido permitió un incremento en el rendimiento del cultivo (22), logrando un aumento de entre 5.2 % y 6.0 % en comparación con el tratamiento testigo (23). Se encontró que el ácido húmico tuvo la capacidad de estimular el crecimiento y mejorar el rendimiento de las plantas, además de contribuir a la supresión de enfermedades y fortalecer su resistencia frente a condiciones de estrés (24). En este sentido, la aplicación foliar de ácido húmico y bioestimulantes se consolidó como una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento y sus componentes en el cultivo de maíz (25).

Tabla 4. Prueba de amplitudes significativa de DUNCAN de los efectos simples de los factores en estudio de la factorial 3B X 3H en los cultivos de maíz híbrido en el valle de Ica.

Clave	factor: Bioestimulante "B" Nivel:	floración masculina		floración femenina		altura de plantas		altura a la inserción de la mazorca		diámetro de tallo	
		días	o.m	días	o.m	m	o.m	m	o.m	mm	o.m
b1	atonik 0.5 lt/ha	61.0	.	66.8	.	2.48	.	1.22	.	25.55	.
b2	atonik 0.75 lt/ha	61.5	.	66.0	.	2.47	.	1.19	.	26.21	.
b3	atonik 1.0 lt/ha	60.9	.	65.9	.	2.53	.	1.26	.	24.33	.
factor: ácido húmico "H"											
h1	humita 2 lt/ha	60.7	.	65.8	.	1.19	.	1.19	.	25.94	.
h2	humita 4 lt/ha	61.2	.	66.0	.	1.23	.	1.23	.	24.21	.
h3	humita 6 lt/ha	61.6	.	66.4	.	1.24	.	1.24	.	25.95	.

El análisis de los efectos simples Tabla 4, reveló que ni las dosis de bioestimulante ni las dosis de ácido húmico generaron un impacto positivo significativo. Del mismo modo, las combinaciones

de los factores evaluados en sus distintos niveles no evidenciaron un efecto favorable, ya que los promedios obtenidos fueron comparables con los registrados en el tratamiento testigo. No obstante,

la aplicación foliar en el maíz promovió el desarrollo del nudo del tallo y la hoja de la mazorca, lo que facilitó una mayor acumulación y distribución de materia seca en la raíz y el tallo. Este mecanismo contribuyó a mejorar la resistencia al encamado de las plantas, así como a optimizar el rendimiento y su estabilidad (26).

El tratamiento con bioestimulantes permitió un incremento en el rendimiento de grano del 8.5 %, 6.0 % y 5.1 %, respectivamente, en comparación con el híbrido estándar y los controles sin

tratamiento. Asimismo, la combinación de todos los factores evaluados generó los mayores beneficios en relación con el sistema de cultivo de control, logrando un aumento del 124 % en el crecimiento de la planta, una reducción de cinco días en el período de siembra a floración y una mejora del 14 % en el rendimiento de grano (27). Además, la aplicación de ácido húmico demostró su capacidad para mitigar el impacto del estrés por sequía, lo que reflejó su efecto positivo en el crecimiento y rendimiento de las plantas (28).

Tabla 5. Prueba de amplitudes significativa de DUNCAN de los efectos simples de los factores en estudio de la factorial 3B X 3H en los cultivos de maíz híbrido en el valle de Ica.

Clave	factor: Bioestimulante "B" Nivel:	largo de la mazorca		diámetro de la mazorca		peso de 100 gramos		rendimiento total /ha	
		cm	o.m	cm	o.m	g	o.m	Kg	o.m
b1	atonik 0.5 lt/ha	16.91	.	5.1	1ro	31.54	2do	8,447	2do
b2	atonik 0.75 lt/ha	16.61	.	5.03	2do	32.2	1ro	9,457	1ro
b3	atonik 1.0 lt/ha	16.81	.	5.18	1ro	33.77	1ro	9,257	1ro
factor: ácido húmico "H"									
h1	humita 2 lt/ha	16.56	.	5.02	2do	32.33	2do	9,202	2do
h2	humita 4 lt/ha	17.08	.	5.19	1ro	33.88	1ro	9,714	1ro
h3	humita 6 lt/ha	16.69	.	4.98	2do	31.3	2do	8,245	3ro

El análisis de los efectos simples de los factores en estudio Tabla 5, indicó que estos generaron un impacto positivo en sus diferentes niveles. En relación con el factor dosis de bioestimulante, las aplicaciones de 1.0 lt/ha y 0.75 lt/ha de Atonik registraron los valores más altos, con 33.77 g y 32.20 g, respectivamente. Por otro lado, en el

factor ácido húmico, la dosis de 4 lt/ha de Humita destacó con un valor de 33.88 g, superando a las demás concentraciones evaluadas.

Diversos estudios han respaldado estos hallazgos. Se ha reportado que el uso de bioestimulantes permitió un incremento aproximado del 10 % en el rendimiento de materia

seca tanto en raigrás como en grano de maíz (29). Asimismo, la aplicación de ácido húmico incrementó significativamente el rendimiento del maíz en comparación con el tratamiento testigo (30). Los experimentos de campo evidenciaron que el ácido húmico favoreció el crecimiento de las plántulas de maíz, lo que resultó en un aumento del rendimiento de aproximadamente 3.6 % (31).

De manera similar, la aplicación combinada de ácido húmico y bioestimulante generó mejoras significativas en la altura de la planta, el peso de la materia seca, el rendimiento del grano y el peso de 300 granos, con incrementos de 84.61 %, 67.00 %, 190.79 % y 67.92 %, respectivamente, en el cultivo de maíz (32).

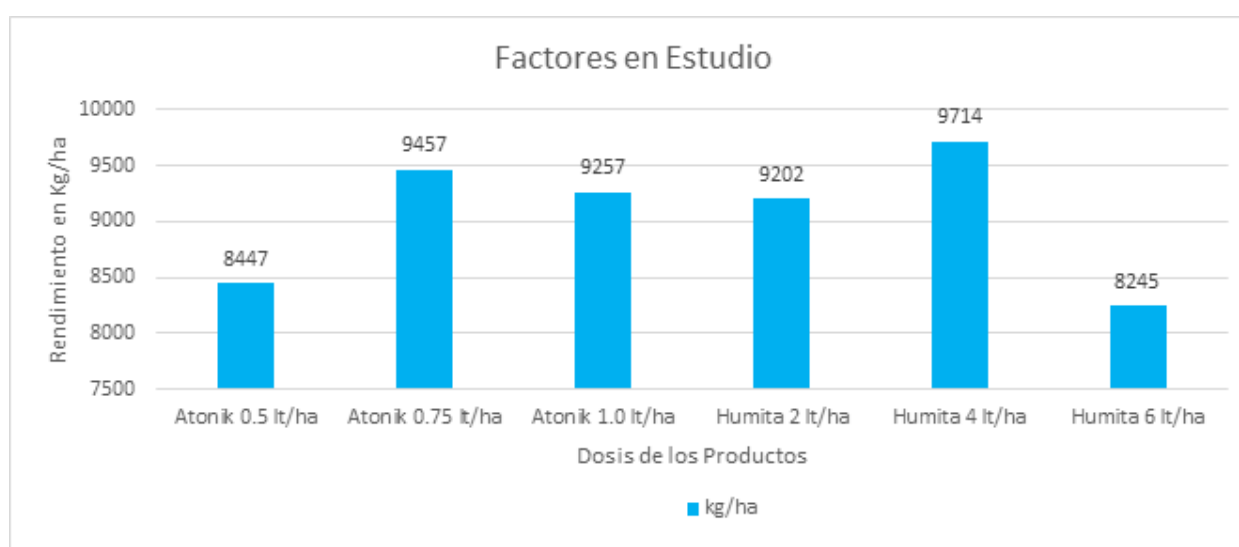


Figura 2. Factores en estudio.

El análisis de los efectos principales Figura 2, evidenció una influencia positiva de los factores evaluados en sus diferentes niveles. En este sentido, los tratamientos H2 (Humita 4.0 l/ha) alcanzaron un rendimiento de 9,714 kg/ha, seguido por B2 (Atonik 0.75 l/ha) con 9,457 kg/ha y B3 (Atonik 1.0 l/ha) con 9,257 kg/ha. Estos valores superaron significativamente al tratamiento testigo, el cual registró uno de los rendimientos más bajos con 7,778 kg/ha. Se determinó que el

rendimiento del grano estuvo significativamente influenciado por los efectos principales de las dosis de ácido húmico y bioestimulantes (33).

Asimismo, el análisis de los efectos individuales permitió identificar que el factor ácido húmico tuvo un impacto positivo en la producción de grano seco, siendo la dosis de 4 l/ha de Humita la que obtuvo el mayor rendimiento con 9,714 kg/ha. En relación con el factor bioestimulante, las aplicaciones de 0.75 l/ha y 1.0 l/ha lograron

producciones de 9,457 kg/ha y 9,257 kg/ha de maíz amarillo duro, respectivamente. Se ha reportado que el uso de bioestimulantes resulta beneficioso para incrementar el rendimiento y mejorar la calidad del cultivo (34). Estos insumos han sido reconocidos como herramientas agronómicas fundamentales debido a su capacidad para estimular procesos fisiológicos y bioquímicos en las plantas. Su aplicación permitió que los cultivos se adaptaran a condiciones ambientales adversas, como sequía, salinidad, altas temperaturas y deficiencias nutricionales, lo que contribuyó a mantener un rendimiento estable y una cosecha de calidad (35). Además, el ácido húmico favoreció el crecimiento y la productividad de las plantas, además de contribuir a la supresión de enfermedades y al fortalecimiento de su resistencia al estrés (36).

En términos generales, los rendimientos obtenidos fueron favorables, lo que indicó que la combinación de bioestimulantes y ácidos húmicos en diferentes dosis resultó beneficiosa para el cultivo. Esta interacción promovió un aumento en el peso total del grano y en la producción de mazorcas más largas, con mayor diámetro y peso. Es posible que estos resultados estuvieran asociados con condiciones climáticas favorables y un manejo agronómico adecuado, el cual incluyó una fertilización oportuna y la aplicación foliar de bioestimulantes y ácidos húmicos en etapas

tempranas del desarrollo, cuando las hojas aún eran jóvenes, optimizando así la absorción de los insumos.

CONCLUSIONES

Los resultados evidenciaron que la aplicación de bioestimulantes y ácidos húmicos influyó positivamente en diversas características agronómicas del maíz amarillo duro, destacando su efecto en la altura de la planta, el peso de los granos y el rendimiento total. La interacción de estos insumos favoreció el incremento en la productividad del cultivo, lo que sugiere su viabilidad como una estrategia para optimizar la producción en los sistemas agrícolas de la costa peruana. No obstante, se recomienda realizar investigaciones a largo plazo con el fin de validar estos hallazgos en distintos entornos y evaluar su eficacia bajo diversas condiciones de manejo y climáticas.

Entre las limitaciones del estudio, se identificó que el experimento se llevó a cabo en una única zona agroecológica, lo que podría dificultar la generalización de los resultados a otras regiones con características edafoclimáticas distintas. Además, la investigación se centró en parámetros agronómicos, sin profundizar en los aspectos fisiológicos que permitirían comprender con mayor detalle los efectos de los bioestimulante y ácidos húmicos en el desarrollo del cultivo.

Los hallazgos obtenidos fueron consistentes con estudios previos que han demostrado el impacto positivo de estos insumos en el crecimiento y rendimiento del maíz. Investigaciones recientes han señalado que los bioestimulante y ácidos húmicos mejoran la absorción de nutrientes y aumentan la resistencia al estrés abiótico, lo que contribuye a una mayor productividad agrícola. Sin embargo, es necesario ampliar la investigación para evaluar su efecto en diferentes variedades de maíz y en condiciones de manejo agronómico variables.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses que pueda influir en los resultados de este estudio.

DISPONIBILIDAD DE DATOS. Los datos están disponibles con el autor correspondiente previa solicitud razonable.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES.

- K. S. Gomez-Lopez: Conceptualización, Metodología, Supervisión, Adquisición de recursos, Investigación, Logística y Redacción, revisión y edición.
- J. Saldivar-Villarreal: Análisis formal, Procesamiento de datos, Visualización y Redacción, borrador original. R. V. Cruz-Martínez: Metodología, Investigación y Validación de resultados.
- L. F. Bendezu-Díaz: Procesamiento de datos, Apoyo en el análisis formal y Redacción, revisión y edición. J. L. Magallanes-Magallanes: Administración del proyecto, Organización logística y Apoyo en la revisión crítica del manuscrito.

REFERENCIAS

1. Hong S, Go J, Kim JH, Jo J, Kim J, Park J, et al. Una colección básica enriquecida con variedades locales de maíz coreano (*Zea mays* L.) que tienen caracteres morfológicos relacionados con la textura del grano y fenotipos novedosos de múltiples capas de aleurona. *J Agric Food Res.* 2024;18:101395. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154324004320>
2. Al-Sayed W, El-Shazly H, El-Nahas AI, Omran A. Cytogenetic impact of gamma radiation and its effects on growth, yield and drought tolerance of maize (*Zea mays* L.). *BMC Plant Biol.* 2025;25(1).
3. Mishra S, Gopinath I, Muthusamy V, Zunjare R, Chand G, Venkatesh K, et al. Unraveling the interactive effect of opaque2 and waxy1 genes on kernel nutritional qualities and physical properties in maize (*Zea mays* L.). *Sci Rep.* 2025;15(1).
4. Song Z, Gao T, Lu H, Zhang Q, Liu J, Kang T, et al. Electro-oxidation mechanism profiling of humic acid by typical reactive substances. *Sep Purif Technol.* 2025 ;362:131898. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586625004952>
5. García-Mendoza P, Saldaña C, Pérez-Almeida I, Prieto-Rosales G, Medina-Castro DE, Taramona-Ruiz LA, et al. Genetic diversity and population structure of maize landraces from Huancavelica and Cajamarca provinces of Peru using SNP markers. *Plant Genet Resour.* 2025;1-9. <https://n9.cl/q2up5>
6. Radkowski A, Radkowska I, Bocianowski J, Sladkovska T, Wolski K. The Effect of Foliar Application of an Amino Acid-Based Biostimulant on Lawn Functional Value. *Agronomy.* 2020;10(11):1656. <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/11/1656>
7. Makonya G, Bryla D, Hardigan M, Hoashi-Erhardt W, DeVetter L. Biostimulants with glycine betaine or kelp extract alleviate heat stress in red raspberry (*Rubus idaeus*). *Sci Rep.* 2025;15(1):2251. <https://www.nature.com/articles/s41598-024-83955-7>
8. Gajula P, Dhillon J, Sharma R, Bryant C, Bheemanahalli R, Reed V, et al. Evaluating the impact of biostimulants at variable nitrogen rates in corn production. *Eur J Agron.* 2025;167:127554. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030125000504>
9. El-Hefny M, Hussien M. Enhancing the growth and essential oil components of *Lavandula latifolia* using *Malva parviflora* extract and humic acid as biostimulants in a field experiment. *Sci Rep.* 2025;15(1):774. <https://www.nature.com/articles/s41598-024-82127-x>
10. Radkowski A, Radkowska I, Khachatryan K, Kozdęba M, Bujak H, Wolski K. The impact of an amino acid-humus preparation on lawn boning

value. *Sci Rep.* 2025;15(1):6607. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-90862-y>

11. Hartina, Monkham T, Vityakon P, Sukitprapanon T. Coapplication of humic acid and gypsum affects soil chemical properties, rice yield, and phosphorus use efficiency in acidic paddy soils. *Sci Rep.* 2025;15(1):4350. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-89132-8>

12. Singh R, Lessard P, Michael Raab R, Singh V. Effect of phytase corn addition on ethanol yield and distillers' dried grains with soluble profile in corn dry-grind process. *Cereal Chem.* 2023;100(2):284-8. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cche.10610>

13. Rohima I, Djali M, Cahyana Y, Hamdani J, Lani M, Triani R. Physicochemical and functional properties of modified potato starch from different altitudes: a study of the medians cultivar. *Discov Food.* 2025;5(1):32. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00283-z>

14. Mercer K, Campbell L, Luo J. Effect of water availability and genetic diversity on flowering phenology, synchrony, and reproductive investment in maize. *MAYDICA.* 2014;59(3):283-9.

15. S. Hamad H, M. Abdulkareem B, A. Abdulhamed Z, M. Abood N. GENOTYPIC AND PHENOTYPIC VARIANCE, CORRELATION, AND PATH COEFFICIENT ANALYSIS IN MAIZE. *ANBAR J Agric Sci.* 2024;22(2):1214-27. https://ajas.uoanbar.edu.iq/article_184519.html

16. Gajula P, Dhillon J, Sharma R, Bryant C, Bheemanahalli R, Reed V, et al. Evaluating the impact of biostimulants at variable nitrogen rates in corn production. *Eur J Agron.* 2025;167:127554. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030125000504>

17. Oliveira F dos S de, Pelloso M, Filho P, Scapim C. Optimizing nitrogen fertilization with *Azospirillum brasilense* and biostimulants for green corn. *Acta Sci Agron.* 2025;47(1):e69527-e69527. <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/69527>

18. Fan M, Chen P, Zhang C, Liang M, Xie G, Zhao L, et al. Effects of combined application of slow-release nitrogen fertilizer and urea on nitrogen

uptake, utilization and yield of maize under two tillage methods. *Sci Rep.* 2025;15(1):5007. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-87480-z>

19. Valdés-Rodríguez O, Salas-Martínez F, Palacios-Wassenaar O, Marquez A. Assessment of Corn Grain Production Under Drought Conditions in Eastern Mexico Through the North American Drought Monitor. *Atmosphere.* 2025;16(2):193. <https://www.mdpi.com/2073-4433/16/2/193>

20. Wojciechowicz-Żytka E, Kunicki E, Nawrocki J. Influence of Biostimulants and Microbiological Preparations on the Yield and the Occurrence of Diseases and the European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn, Lepidoptera, Crambidae) on Sweet Corn (*Zea mays* L. Var. *saccharata*). *Agriculture.* 2024;14(10):1754. <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/10/1754>

21. Nurbek K, Elmurod U. Formation of the corn root system depending on the norms of mineral fertilizers and biostimulants. *Bulg J Agric Sci.* 2024;30(3):482-5.

22. Luzardo-Ocampo I, Chuck-Hernández C, Preciado-Ortiz RE, Serna-Saldívar SRO, Antunes-Ricardo M, Escalante-Aburto A. Parámetros de calidad y propiedades nutricionales de híbridos de maíz oleaginoso (*Zea mays* var. 'Everta') sometidos a diferentes tratamientos térmicos. *Food Chem.* 2025;463:141307. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814624029571>

23. Oruosi P, Aita C, Pujol SB, Bazzo HLS. Immediate and residual effect of tobacco powder compost and of NPK on N₂O emissions and on N use in a wheat/corn crop succession. *Rev Bras Ciênc Solo.* 2025;49. <https://www.rbcsjournal.org/article/immediate-and-residual-effect-of-tobacco-powder-compost-and-of-npk-on-n2o-emissions-and-on-n-use-in-a-wheat-corn-crop-succession/>

24. Shahrajabian M, Sun W. The Importance of Salicylic Acid, Humic Acid and Fulvic Acid on Crop Production. <http://www.eurekaselect.com> 2025. <https://www.eurekaselect.com/article/130846>

25. Blanco-Valdes Y, Cartaya-Rubio O, Espina-Nápoles M. Efecto de diferentes formas de aplicación del Quitomax® en el crecimiento del maíz. *Agron Mesoam.* 2022;47246-47246. <https://>

revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/47246

26. Liang Q, Chang H, Chen H, Wu Q, Qin Y, Wang Z, et al. The agronomic mechanism of root lodging resistance and yield stability for sweet corn in response to planting density and nitrogen rates at different planting dates. *Front Plant Sci.* 2025;16. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2025.1481033/full>

27. Capo L, Sopegno A, Reyneri A, Ujvári G, Agnolucci M, Blandino M. Agronomic strategies to enhance the early vigor and yield of maize part II: the role of seed applied biostimulant, hybrid, and starter fertilization on crop performance. *Front Plant Sci.* 2023;14. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1240313/full>

28. Sadeghi M, Samdeliri M, Eftekhari A, Ahmadi T, Mousavi Mirkalaei S. The role of the application of nanosilver and humic acid on the physiological and yield traits of corn (*Zea Mays* L.) under deficit irrigation conditions. *J Plant Nutr.* 2025;48(6):1043-54. <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2416089>

29. Pasa E, Ferreira H, Ferreira J, Vargas V, da Silva Meireles D, da Silveira Pasa M, et al. Calcium Ammonium Nitrate Fertilization Reduces Ammonia Volatilization and Increases Yield in Corn-ryegrass Succession in Southern Brazil. *J Soil Sci Plant Nutr* 2025. <https://doi.org/10.1007/s42729-025-02314-1>

30. Li Z, Shao Y, He W, Luo Z, Huo W, Ye R, et al. Insight into the co-hydrothermal humification of corn stalk and sewage sludge for enhanced nitrogen-rich humic acid production. *Front Environ Sci Eng.* 2024;18(12):153. <https://doi.org/10.1007/s11783-024-1913-3>

31. Zhang G, Li B, Yang Y, Zhang Z, Cheng D, Wang F, et al. Biodegradación de ácidos húmicos por *Streptomyces rochei* para promover el crecimiento y rendimiento del maíz. *Microbiol Res.* 2024;286:127826. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501324002271>

32. Al-Hadethi A. YIELD AND ITS COMPONENTS OF CORN AT SALINE SODIC SOIL WASHED WITH ENRICHED WATER BY A COMBINATIONS OF PHOSPHOGYPSUM AND HUMIC ACIDS. *IRAQI J Agric Sci.* 2024;55(4):1475-85. <https://jcoagri.uobaghdad.edu.iq/index.php/intro/article/view/2034>

33. Gajula P, Dhillon J, Sharma R, Bryant C, Bheemanahalli R, Reed V, et al. Evaluating the impact of biostimulants at variable nitrogen rates in corn production. *Eur J Agron.* 2025;167:127554. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030125000504>

34. Atero-Calvo S, Izquierdo-Ramos M, García-Huertas C, Rodríguez-Alcántara M, Navarro-Morillo I, Navarro-León E. An Evaluation of the Effectivity of the Green Leaves Biostimulant on Lettuce Growth, Nutritional Quality, and Mineral Element Efficiencies under Optimal Growth Conditions. *Plants.* 2024;13(7):917. <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/7/917>

35. García-Sánchez F, Simón-Grao S, Navarro-Pérez V, Alfosea-Simón M. Scientific Advances in Biostimulation Reported in the 5th Biostimulant World Congress. *Horticulturae.* 2022;8(7):665. <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/7/665>

36. Shahrajabian MH, Sun W. The Importance of Salicylic Acid, Humic Acid and Fulvic Acid on Crop Production 2025. <http://www.eurekaselect.com> <https://www.eurekaselect.com/article/130846>