

EFECTOS DE HORMONAS VEGETALES DE RIZOGÉNESIS EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ (ZEA MAYS. L)

Effects of plant hormones of rhizogenesis on the production of corn crops (Zea mays. L)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14757335>

AUTORES: Andy Ramon Ronquillo Moran ^{1*}

Marlon Víctor Hugo Pazos Roldan ²

Pedro Pablo Montero Flores ³

Dario Javier Dueñas Alvarado ⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: aronquillom@utb.edu.ec

Fecha de recepción: 06/ 12/ 2024

Fecha de aceptación: 13/ 12/ 2024

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar las aplicaciones de brasinoesteroides y sus análogos en el cultivo de maíz. Se realizó en los terrenos de la finca “Rancho Alegre” ubicada en el km 1,5 de la vía Ventanas - Echeandía, provincia de Los Ríos. Como material de siembra se utilizó el material híbrido de maíz EMBLEMA, que está más adaptada a la zona. Los tratamientos estuvieron constituidos por los diferentes niveles del fertilizante foliar Gibberellic acid + Indol-3-ylacetic acid + Brassinolide, en dosis de 10, 20, 30 y 40 g/ha; más un tratamiento testigo sin aplicación. Se empleó el diseño experimental Bloques Completos al Azar con cinco tratamientos y 4 repeticiones,

^{1*} Ingeniero Agropecuario, Magister en Agronomía mención en Protección Vegetal, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, aronquillom@utb.edu.ec, ORCID: 0009-0008-6383-3786

² Ingeniero Agrónomo, Magister en Riego y Drenaje, Magister en Educación Agropecuaria Mención Desarrollo Sostenible, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, mpazos@utb.edu.ec, ORCID: 0000-0001-6798-8736

³ Ingeniero Agrónomo, Estudiante de la Maestría en Agronomía mención en Protección Vegetal, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, pmontero@utb.edu.ec, ORCID: 0009-0005-3756-8550

⁴ Ingeniero Agrónomo

la prueba de significancia utilizada fue de Tukey al 95 % de probabilidad. Se realizaron todas las labores agrícolas necesarias en el cultivo de maíz para su normal desarrollo como preparación de suelo, siembra, riego, fertilización, control de malezas, control fitosanitario y cosecha. Para estimar los efectos de los tratamientos, se tomaron los siguientes datos: altura de planta, altura de inserción de mazorca, longitud de mazorca, número de granos por mazorca, número de hileras de grano por mazorca, peso de 100 semillas, rendimiento, análisis económico. Por los resultados obtenidos se determinó que el fertilizante foliar en base a brasinoesteroides aplicados en el tratamiento T2 con dosis de 20g/ha, mostro los mayores promedios en las variables número de granos por mazorca, número de hileras por mazorca, peso de 100 semillas (g) y rendimiento (kg/ha). Con respecto a las variables altura de planta (m) y longitud de la mazorca (cm) el tratamiento 4 en dosis de 40g/ha (GIB + INDOL + BRASSI), mostro los mayores promedios con 2.58 y 20.35 cm respectivamente para estas variables. No existió diferencias significativas para los tratamientos aplicados en las variables: altura de inserción de mazorca por mazorca. En cuanto al análisis económico, el mayor beneficio neto lo obtuvo el tratamiento 2 en dosis de 20 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI) con \$ 1,303.58.

Palabras claves: Fertilización, rendimientos, hormonas, evaluación.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the applications of brassinosteroids and their analogues in corn cultivation. It is carried out on the land of the “Rancho Alegre” farm located at km 1.5 of the Ventanas - Echeandía road, province of Los Ríos. The EMBLEMA corn hybrid material was used as planting material, which is more adapted to the area. The treatments were comprised of the different levels of the foliar fertilizer Gibberellic acid + Indole-3-ylacetic acid + Brassinolide, in doses of 10, 20, 30 and 40 g/ha; plus a control treatment without application. The Random Complete Blocks experimental design was used with five treatments and 4 repetitions, the significance test used was Tukey's at 95% probability. All the necessary agricultural tasks were carried out in the cultivation of corn for its normal development, such as soil preparation, sowing, irrigation, fertilization, weed control, phytosanitary control and harvest. To estimate the effects of the treatments, the following data were taken: plant height, ear insertion height, ear length, number of grains per ear, number of grain rows per ear, weight of 100 seeds, yield, analysis economic. From the results obtained, it was determined that the foliar fertilizer based on brassinosteroids applied in the T2 treatment with a dose

of 20 g/ha, showed the highest averages in the variables number of grains per ear, number of rows per ear, weight of 100 seeds. (g) and yield (kg/ha). With respect to the variables plant height (m) and ear length (cm), treatment 4 at a dose of 40 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI), showed the highest averages with 2.58 and 20.35 cm respectively for these variables. There were no significant differences for the treatments applied in the variables: insertion height of cob by cob. Regarding the economic analysis, the greatest net benefit was obtained by treatment 2 at a dose of 20 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI) with \$ 1,303.58.

Keywords: Fertilization, yields, hormones, evaluation.

INTRODUCCIÓN

El cultivo maíz radica como fundamento primordial para la alimentación humana y también para los animales, además de utilizarse en diferentes medios industriales como ejemplo en la industria textil, fabricación de papel, productos cosméticos, adhesivos, materiales de envasado, entre otros. Siendo de esta manera un producto esencial para la economía de una población dependiente de un sin número de familias y productores rurales (Moreira *et al.*, 2018).

El maíz amarillo duro (tipo cristalino) que se produce en Ecuador, es de excelente calidad tanto para la elaboración de alimentos balanceados como para las industrias de consumo humano; debido a su elevado contenido de fibra, carbohidratos, caroteno y el alto nivel de rendimiento en la molienda, así como por sus precios, nuestro maíz es de gran aceptación en países fronterizos. Además, nuestra producción se complementa con las necesidades del mercado colombiano, gracias al ciclo del cultivo, las condiciones geográficas y climáticas de las zonas maiceras ecuatorianas. La temporada de cosecha más alta se da en ciclo de invierno (abril - Julio) (San Camillo Comercializadora de Grano S.A, 2019). El maíz es una planta que se puede adaptar a diferentes medios, debido a la buena respuesta frente las condiciones de cada zona, se caracteriza por tener un buen desarrollo vegetativo llegando a una altura de 2 a 3 metros (Flores, 2020).

Las plantas requieren de elevadas cantidades de nutrimentos, en donde, la mayoría de los cultivos requieren de mayores cantidades a las existentes en la disponibilidad del suelo, por lo que es necesario realizar aportaciones cuantiosas entre los que se encuentran primordialmente Nitrógeno, Fosforo y Potasio. En cuanto a los elementos secundarios las plantas los consumen en grandes cantidades, pero,

por lo general, hay suficiente disponibilidad en el suelo y no se necesita realizar de regulares aportaciones los mismos que son Calcio, Magnesio y Azufre (Yagüe, 2020).

De los trece elementos esenciales para todas las plantas obtenidos del suelo, seis son requeridas relativamente en grandes cantidades: nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio, se encuentran en cantidades mayores de 0.05% en peso seco y se designan con el nombre de macronutrientes. Los otros elementos: hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno y cloro, son utilizados por las plantas superiores en muy pequeñas cantidades, se encuentran en cantidades menores de 0.05% en peso seco y en consecuencia son llamados micronutrientes, elementos vestigiales, trazas, raros, menores y más, corrientemente, oligoelemento (Navarro, 2021).

El rendimiento de maíz está determinado de manera principal directamente con la obtención del número final de granos obtenidos por unidad de superficie el mismo que se relaciona con la tasa de crecimiento de la planta alrededor del período de floración. Por lo tanto, la adecuada disponibilidad de nutrientes originada en el momento en que son requeridos en mayores cantidades, al momento en que aproximadamente la planta presenta de 5 a 6 hojas desarrolladas asegura un buen desarrollo de la planta y crecimiento foliar además de una alta eficiencia de conversión con la radiación interceptada (García, 2022).

La planta de maíz utiliza el nitrógeno durante todo su ciclo. En la absorción del mismo se distinguen tres fases marcadas, estas son: Desde el nacimiento hasta antes de la aparición de las barbas o inflorescencias femeninas, al final de ese período se completa cerca de 10 % de las necesidades totales del elemento. Desde un mes antes de la aparición de las barbas, con aumentos en la absorción hasta un máximo durante la aparición de las panojas, este es el período de mayor demanda, de ahí la importancia del re-abonamiento nitrogenado oportuno (Espinoza, 2019).

El fósforo actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división celular, alargamiento celular y muchos otros procesos de la planta viviente. Promueve la formación temprana y el crecimiento de raíces. El fósforo es vital para la formación de semillas cuya concentración es más alta que en cualquier otra parte de la planta madura (Díaz, 2017).

Al igual que el nitrógeno, el potasio es un elemento que es muy demandado por el cultivo del maíz, su mayor asimilación por las raíces se da en el primer mes del cultivo (Flores, 2014). El potasio regula las funciones en la planta, concentrándose en mayor cantidad en tejidos jóvenes, en pleno crecimiento

mientras que en las hojas viejas son menos ricas en potasio, interviene en la fotosíntesis, favoreciendo la síntesis de glúcidos o hidratos de carbono (Palma, 2019).

Se debe enfatizar además que el crecimiento vegetativo además de la necesaria suplementación de nutrientes en el cultivo de maíz varía de forma gradual entre tipos de suelos y espacios de desarrollo, además de las épocas del año y años de producción, debido primordialmente a las condiciones que presente de crecimiento y el manejo del cultivo que se aplique, junto a esto las diferencias existentes en el suelo. Es importante determinar las necesidades óptimas del cultivo con el fin de establecer una estimación de los nutrientes con la finalidad de obtener altos rendimientos (Parra *et al.*, 2021).

Las fitohormonas u hormonas vegetales son hormonas que regulan de manera predominante los fenómenos fisiológicos de las plantas. Las fitohormonas se producen en pequeñas cantidades en los tejidos vegetales, pueden actuar en el propio tejido donde se generan o bien a largas distancias, mediante transporte a través de los vasos xilemáticos y floemáticos. Las hormonas vegetales controlan un gran número de sucesos, entre ellos el crecimiento de las plantas, caída de las hojas, floración, formación del fruto y germinación (Srivastava, 2021).

Una fitohormona interviene en varios procesos, y del mismo modo todo proceso está regulado por la acción de varias fitohormonas. Se establecen fenómenos de antagonismo y balance hormonal que conducen a una regulación precisa de las funciones vegetales, lo que permite solucionar el problema de la ausencia de sistema nervioso. Las fitohormonas ejercen sus efectos mediante complejos mecanismos moleculares, que desembocan en cambios de la expresión génica, cambios en el citoesqueleto, regulación de las vías metabólicas y cambio de flujos iónicos (Murillo, 2019).

Las hormonas vegetales más importantes reconocidas actualmente son auxinas, giberelinas, citocininas, el etileno y un grupo de inhibidores; además se ha establecido la relevancia de las poliaminas, el ácido salicílico, el ácido jasmónico y los brasinoesteroides. Todas ellas son químicamente diferentes y se sintetizan en todos los órganos: raíz, tallo, hoja, fruto, semilla, etc., sin embargo, algunas tienen sitios más específicos (ejemplo: la raíz es el principal productor de citocininas). Estas hormonas ejercen su efecto ahí mismo donde se producen y/o se translocan a otros sitios para regular procesos lo cual se hace vía floema o xilema (Rost y Weier, 2021).

La cantidad de hormona que exista en un tejido en un momento determinado está regulada por varios factores. El aspecto genético es de los más críticos ya que es el que “envía” las señales básicas (una planta genéticamente enana tiene poca capacidad de síntesis de giberelinas); sin embargo, la

intensidad de la expresión genética puede ser modificada por las condiciones ambientales y de manejo de los cultivos, ya que con buen clima, agua y nutrición se puede tener mucho más crecimiento vegetativo que en condiciones adversas (Fridman y Savaldi, 2022).

Las variables (agua, clima, nutrientes) tienen una importante función en la síntesis hormonal que regulará cuál se produce dónde y en qué momento, de tal forma que si el tejido está “sensible” a las hormonas entonces responderá fisiológicamente a ello; la respuesta final podrá ser estimativa o inhibidora del proceso según el tipo de hormonas (Sharma *et al.*, 2018).

Las auxinas favorecen división y elongación celular de todos los órganos, retrasan maduración de tejidos, inducen la formación de raíces, inducen la dominancia apical, induce la retención de órganos a la planta, favorece la formación de xilema (Murillo., 2019).

Las giberelinas también estimulan la división y elongación celular de órganos y retrasan la maduración de tejidos, inhiben la formación de flores (excepto en algunas especies sensibles al fotoperiodo) y de raíces, termina la dormancia de semillas y yemas, favorece la formación de floema (Palma, 2019).

Las cito cininas son hormonas protagónicas en la división celular de cualquier tejido, retrasan maduración y senescencia de tejidos, estimulan la formación de flores en algunas especies, participa en la fase terminal de la dormancia de semillas y yemas, elimina la dominancia apical, favorece formación de floema (Parra, 2022).

Los brasinoesteroides (BR) son considerados la sexta clase de hormonas vegetales y hasta el presente han sido aislados y caracterizados, en forma libre o conjugada, más de 50 compuestos en todas las especies vegetales (Khatoon *et al.*, 2017).

Entre las respuestas a los BR se incluyen, además del efecto clásico de elongación de los tallos, efectos sobre las raíces, la foto-morfogénesis, la elongación floral, la senescencia, la división celular, el desarrollo vascular y reproductivo, la polarización de la membrana y el bombeo de protones, la regulación de las relaciones fuente/sitio de consumo y la modulación del estrés (Sharma *et al.*, 2018). Por lo antes expuesto, se realizó el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar las aplicaciones de brasinoesteroides y sus análogos en el cultivo de maíz a los 15 y 30 días después de la siembra, con el propósito de incrementar los rendimientos por hectárea.

METODOLOGÍA

El experimento se realizó en la finca “Rancho Alegre” ubicada en el km 1,5 de la vía Ventanas - Echeandía, provincia de Los Ríos. en las coordenadas geográficas $1\ 01^{\circ}26'29,8''S$; $79^{\circ}25'5,7'' W$ ¹ y 12 msnm. El promedio anual de precipitación es de 2329,8 mm; 80% de humedad relativa; 998.2 horas de heliofanía y temperatura de $25.0\ ^{\circ}C$.² Se utilizaron materiales campo y material vegetal de siembra híbrido de maíz EMBLEMA. Se estudiaron dos factores; a) Comportamiento Agronómico y rendimiento del cultivo de maíz y, b) Dosis de brasinoesteroides y sus análogos, material genético utilizado, épocas de aplicación. Se evaluaron los tratamientos como se indica en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1.

Tratamientos estudiados

Nº	Producto	Aplicación	poca de aplicación	Dosis (g/ha)
T1	berellic acid 0.135 g/kg + Indol-3-ylar d 0.00052 g/kg + assinolide 0.00031 g/kg	Foliar	15-30	10
T2	berellic acid 0.135 g/kg + Indol-3-ylar d 0.00052 g/kg + assinolide 0.00031 g/kg	Foliar	15-30	20
T3	berellic acid 0.135 g/kg + Indol-3-ylar d 0.00052 g/kg + assinolide 0.00031 g/kg	Foliar	15-30	30
T4	berellic acid 0.135 g/kg + Indol-3-ylar d 0.00052 g/kg + assinolide 0.00031 g/kg	Foliar	15-30	40
T5	stigo	Sin aplicación	-	0

En el ensayo se utilizó el diseño utilizado fue diseño experimental Bloques Completos al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Para la diferenciación de promedios se utilizó el análisis de varianza y la comparación de medias se hará con la prueba de Tukey al 5 % de posibilidades.

Durante el desarrollo del ensayo se utilizaron las prácticas agrícolas, necesarias para el normal desarrollo del cultivo, como la preparación del terreno, donde se realizó un pase de rom-plow profundo y dos pases de rastra cruzados, con la finalidad de dejar lo más disgregado el suelo, que no perjudique la germinación de la semilla. La siembra se realizó de forma

manual con la ayuda de un espeque, con un distanciamiento de siembra de 0,80 m. entre hileras y 0,20 m. entre plantas, colocando una semilla por sitio. Antes de la siembra las semillas fueron protegidas con Thiodicarb, en dosis de 250 cc por 15 Kg de semilla certificada.

En cuanto a la fertilización edáfica, se efectuó en base a las recomendaciones técnicas del Departamento de Semilla del INIAP (Estación Experimental Pichilingue): N 160 Kg/Ha; P₂O₅ 45 Kg/Ha; K₂O 90 Kg/Ha; S 25 Kg/Ha. El nitrógeno (Urea - 46 % N) y el azufre (Sulfato de amonio - 21 % N y 24 % S) fueron fraccionados en dos partes iguales a los 15 y 30 días después de la siembra. El fósforo (DAP – 18 % y 46 %) y el potasio (Muriato de potasio – 60 %) se aplicaron en su totalidad a la siembra. Una aplicación de herbicidas pre emergentes después del pase de arado 1.5 kilogramos de atrazina por hectárea. Después de la emergencia se aplicó post control con el herbicida sistémico Nicosulfuron con 64 gramos por hectárea. Todas estas aplicaciones se calibraron con un volumen de agua de 200 litros. Para el control de langosta (*Spodoptera frugífera*) se aplicó Clorpirifos en dosis de 750 cm³/ha cuando el cultivo presento los primeros síntomas de daño. Durante el desarrollo del cultivo se efectuó un control la enfermedad mancha de asfalto con tebuconazol 500 cc a los 40 días después de la siembra. La cosecha se realizó en forma manual, conforme se presente la madurez fisiológica de las plantas en los diferentes tratamientos.

La altura de planta fue tomada con un flexómetro en la cosecha, utilizando 10 plantas al azar por tratamiento. La altura de la planta se tomó desde el nivel del suelo hasta la inserción de la panícula, expresando el valor en metros.

La altura de inserción de la mazorca fue medida en 10 plantas al azar por tratamiento, tomando el registro desde el nivel del suelo hasta la base del pedúnculo de la primera mazorca comercial. Fue expresada en centímetros

El número de granos por mazorca se contabilizo en 10 mazorcas seleccionadas al azar después de la cosecha; se registró el valor promedio respectivo en la libreta de campo.

Se contabilizo el número de hileras de granos de 10 mazorcas seleccionadas al azar después de la cosecha; se registró el valor promedio respectivo en la libreta de campo.

La longitud de la mazorca se tomó desde el pedúnculo de inserción a la planta hasta el ápice de la misma, usando una cinta métrica en 10 mazorcas al azar, registrando el dato en centímetros.

Para determinar el peso de 100 granos fueron escogidos 100 granos por cada tratamiento, procediendo a pesar en una balanza de precisión, tomando el registro en gramos.

El rendimiento de grano por hectárea se determinó con los valores de cosechados los granos se procedió a realizar un ajuste de humedad al 13 %, expresando en kg/ha los valores. Para el efecto se utilizó la fórmula:

$$Pu = \frac{Pa (100 - Ha)}{(100 - Hd)}$$

Pu: Peso uniformizado

Pa: Peso actual

Ha: Humedad actual

Hd: Humedad deseada

El análisis económico se determinó con el rendimiento de grano de maíz en kg/ha y los costos de producción, basado en la relación beneficio/costo y utilidad neta.

RESULTADOS

La variable altura de planta muestra sus promedios en la Tabla 2. El análisis de varianza detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 6.54 %. Los tratamientos T4 y T3 con una dosis de 40 y 30 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI), obtuvieron la mayor altura de planta, con 2.58 y 2.55 m respectivamente, estadísticamente superior a todos los tratamientos, siendo el menor valor para el tratamiento T5 (Testigo), con 2.33 m.

En lo que respecta a la variable altura de inserción de mazorca, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 7.47 %. Numéricamente el tratamiento 3 en dosis de 30 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI), presentó mayor altura de inserción de mazorca con 147.35 cm; siendo el menor valor para los tratamientos T4 con una dosis de 40 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI) y T5 (Testigo) con un valor de 143.15 (Tabla 2).

Tabla 2.

Altura de planta y altura de inserción de mazorca en el cultivo de maíz.

tratamientos	sis(g/ha)	ALTURA DE PLANTA (m)	ALTURA DE LA INSERCIÓN DE LA MAZORCA	
T1 (GIB + INDOL + BR)	10	2	1.65	A
T2 (GIB + INDOL + BR)	20	3	3.60	A
T3 (GIB + INDOL + BR)	30		7.35	A
T4 (GIB + INDOL + BR)	40		3.15	A
(SIN APLICACIÓN)	Testigo		3.15	A
Promedio		7	1.98	
CV (%)		4	7	
key (5%)		0001**		

En la Tabla 3 se registran los promedios de longitud de mazorca; el análisis de varianza reportó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 4.12 %. Los tratamientos 4, 3 y 2 en dosis de 40, 30 y 20 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI), presentaron mayor longitud de mazorca con 20.35, 19.15 y 19.05 cm, respectivamente; el tratamiento que presentó la longitud más baja fue T5 (testigo), con 17.25 cm.

En la Tabla 3 se registran los promedios para número de granos por mazorca; el análisis de varianza reportó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 13.34 %. Todos los tratamientos aplicados, presentaron la misma significancia estadística, numéricamente el Tratamiento 2 con dosis de 20 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI) presentó el mayor número de granos por mazorca con 437.85, el tratamiento que presentó la menor significancia fue el T5 (testigo), con 376.35 granos.

Tabla 3.

Longitud de mazorca y número de granos por mazorca en el cultivo de maíz.

tratamientos	sis(g/ha)	LONGITUD DE LA MAZORCA (cm)	NÚMERO DE GRANOS/MAZORCA
T1 (GIB + INDOL + BR)	10	60	3
T2 (GIB + INDOL + BR)	20	05	4
T3 (GIB + INDOL + BR)	30	15	
T4 (GIB + INDOL + BR)	40	35	4

(SIN APLICACIÓN)	Testigo 25	3	B
Promedio		414.42	
CV (%)		13.34	
key (5%)	0001**	0001**	

En la variable número de hileras, el análisis de varianza detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 4.09 %. El Tratamiento 2 con dosis de 20 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI), obtuvo el mayor número de hileras, con 17.63, estadísticamente superior al resto de tratamientos. El tratamiento que presento el valor más bajo fue T1 con dosis de 10 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI), con 16.00 hileras (Tabla 4).

En la variable peso de 100 semillas el análisis de varianza detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 3.08 %. Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 obtuvieron los valores más altos con 34.8, 36.35, 34.88 y 35.15 gr respectivamente para esta variable, estos tratamientos fueron superiores al tratamiento T5 (Testigo), que presento el menor valor (29.2 gr) (Tabla 4).

Tabla 4.

Numero de hileras y peso de 100 semillas en el cultivo de maíz.

tratamientos	sis(g/ha)	NÚMERO DE HILERAS/MAZORCA	PESO DE 100 SEMILLAS
T1 (GIB + INDOL + BR.	10	00	
T2 (GIB + INDOL + BR.	20	63	
T3 (GIB + INDOL + BR.	30	40	3
T4 (GIB + INDOL + BR.	40	15	3
(SIN APLICACIÓN)	Testigo 40	3	B
Promedio			34.08
CV (%)			3.08
key (5%)	0001**	0001**	

En la variable rendimiento el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 14.83 %. Para esta variable todos los tratamientos aplicados, presentaron la misma significancia estadística. Numéricamente el tratamiento 2 con dosis de 20 g/ha (GIB +

INDOL + BRASSI) obtuvo mayor rendimiento con 8282.10 Kg, y superior al tratamiento 5 (testigo) con 5716.83 (Tabla 5).

Tabla 5.

Rendimiento en el cultivo de maíz.

Tratamientos	Dosis (g/ha)	Rendimiento (KG/HA)
T1 (GIB + INDOL + BR)	10	5716.20
T2 (GIB + INDOL + BR)	20	8212.10
T3 (GIB + INDOL + BR)	30	8282.83
T4 (GIB + INDOL + BR)	40	8330
(SIN APLICACIÓN)	Testigo	5716.83
Promedio		7112.25
CV (%)		
key (5%)		<0.0001**

En la Tabla 6 se observan el análisis económico. El costo fijo generado para producir una hectárea de maíz es de \$ 950 dando como mayor beneficio neto el tratamiento 2 con dosis de 20 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI) con \$ 1303.58.

Tabla 6.

Análisis económico/ha cultivo de maíz.

Tratamiento:	Productos	Dosis g/ha	Rend.kg/l	Costo de producción (USD)	Costos fijos	Costos variables		Beneficio neto (USD)	
						Producto:	Cosecha + Transport		
1	Gibberellic acid 0.135 g/kg ol-3-ylacetic acid 0.0005 + Brassinolide 0.00031 g	10	7,801.20	\$2,402.77	\$950.00	\$12.00	\$257.44	\$1,219.40	\$1,183.30
2	Gibberellic acid 0.135 g/kg ol-3-ylacetic acid 0.0005 + Brassinolide 0.00031 g/l	20	8,282.10	\$2,550.89	\$950.00	\$24.00	\$273.31	\$1,247.30	\$1,303.50

	Gibberellic acid 0.135 g/l									
	Indol-									
3	-ylacetic acid 0.00052 g/l	30	7,552.83	\$2,326.27	\$950.0	\$36.00	\$249.24	\$1,235.2	\$1,091.0	
	Brassinolide 0.00031 g/l									
4	Gibberellic acid 0.135 g/l									
	ol-3-ylacetic acid 0.0005									
	+	40	7,503.30	\$2,311.02	\$950.0	\$48.00	\$247.61	\$1,245.6	\$1,065.4	
	Brassinolide 0.00031 g/l									
5	Testigo	00	5,716.83	\$1,760.78	\$950.0	\$0.00	\$188.66	\$1,138.6	\$622.13	

DISCUSIÓN

El bioestimulante hormonal aplicado al cultivo de maíz tuvo efecto estimulante sobre las variables: altura de planta, longitud de mazorca, número de grano e hileras por mazorca, peso de 100 semillas y finalmente en el rendimiento, ya que dichos productos se complementaron de forma adecuada con la fertilización base con nitrógeno, fósforo y potasio, tal como indica Saborio (2020), quien manifiesta que los bioestimulantes son moléculas con una muy amplia gama de estructuras, pueden estar compuestos por hormonas o extractos vegetales metabólicamente activos, tales como aminoácidos (aa) y ácidos orgánicos. Son utilizados principalmente para incrementar el crecimiento y rendimiento de plantas, así como para superar periodos de estrés.

Las características agronómicas presentaron resultados relevantes por la aplicación de hormonas vegetales, por lo que se atribuye dichos parámetros al uso de fertilizantes convencionales, ya que si de haber existido tal efecto se hubiera corroborado lo indicado por Arysta (2018), que los fertilizantes foliares que contienen extractos vegetales generan en los cultivos la producción de hormonas de origen natural (auxinas, giberelinas, cito cininas, ácido indolacético, zeatina, etc.), las cuales estimulan procesos fisiológicos diversos en las plantas y con un efecto positivo en varios aspectos, tales como germinación más rápida y uniforme; incremento del número y calidad de las raíces; aumento de la retención de flores y órganos productivos y del número de semillas y calidad de los frutos; resistencia a factores abióticos y bióticos y mejor color de la fruta y mayor vida útil en la góndola.

La aplicación del T2 fue el producto que superó los promedios, tal como indica Edifar (2014), que la aplicación de Bioestimulantes hormonales mejora el crecimiento vegetal facilitando la nutrición de las plantas; promueve el brote y desarrollo de las yemas, espigas y flores; mejora el amarre de las

flores y el desarrollo de los frutos, crecimiento de la raíz y sobre todo el vigor de la productividad de la planta, aplicado al suelo sirve para transportar nutrientes a la parte aérea de las plantas y contribuir a su turgencia; además ayuda a combatir el envejecimiento de las células.

CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos en el trabajo experimental, se puede concluir lo siguiente:

- El bioestimulante hormonal aplicado al cultivo de maíz tuvo efecto estimulante sobre las variables: altura de planta, longitud de mazorca, número de grano e hileras por mazorca, peso de 100 semillas y finalmente en el rendimiento. No se observó variabilidad estadística en la variable altura de inserción de mazorca.
- Para la variable altura de planta, los tratamientos que presentaron los mejores promedios fueron los aplicados a dosis de 30 y 40 g/ha, el tratamiento testigo presentó la menor altura, lo que indica el efecto causado por el producto.
- Con respecto a las variables longitud de mazorca el mejor tratamiento se evidencio en el T4 que correspondió a 40 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI), mostrando promedios 20.35 cm.
- Con respecto a las variables número de granos por mazorca el mejor tratamiento se evidencio en el T2 que correspondió a 20 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI), mostrando promedios 437.85 granos.
- Para la variable peso de 100 semillas no se evidencio diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados, pero numéricamente el tratamiento con mejor comportamiento fue el T2 correspondiente a 20 g/ha de (GIB + INDOL + BRASSI).
- Para rendimiento se evidencio que el efecto del estimulante es notorio comparado con el tratamiento testigo, siendo el T2 el de mayor rendimiento 8282.10 kg/ha, superando al tratamiento testigo 5716.83 kg/ha.
- En cuanto al análisis económico, el mayor beneficio neto lo obtuvo el tratamiento 2 en dosis de 20 g/ha (GIB + INDOL + BRASSI) con \$ 1,303.58.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arysta. (2018). Nutrición vegetal. Bio soluciones de arista.
www.arysta.com.ar/.../Nutricion_Vegetal_Bio_Soluciones_de

Díaz, H. (2017). Influencia de tres fuentes potásicas aplicadas en dos épocas sobre el rendimiento del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) (Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Católica Sedes Sapientiae. Huacho, Perú). 51 p.

Espinoza, L. (2019). Tendencia en el manejo sostenible de la fertilidad del suelo (Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica Equinoccial).

Flores, H. (2020). Guía técnica El cultivo de maíz.
<http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/GuiaTecnica%20Maiz%202020.pdf>.

Fridman, Y., Savaldi, S. (2022) Brassinosteroids in growth control: How, when and where. *Plant Science*, 209, 24-31.

García, F. (2022). Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. INPOFOS.
[http://www.fertilizando.com/articulos/Criterios-ManejoFertilizacion-](http://www.fertilizando.com/articulos/Criterios-ManejoFertilizacion-Cultivo-Maiz.pdf)
[Maiz.pdf.http://www.gened.emc.maricopa.edu..](http://www.gened.emc.maricopa.edu..)

Khatoon, H.; Singh, A.; Ahmad, F. y Kamal, A. (2017). Brassinosteroids – An Essential Steroidal Regulator: Its Structure, Synthesis and Signaling in Plant Growth and Development- A Review. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 4, 88-96.

Moreira, A., Veintimilla, M., Molina, V., & Chávez, R. (2018). Efecto del fertilizante foliar SOL-U-GRO 12-48-8 en diferentes dosis y aplicaciones en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el cantón Babahoyo. *Revista AGRO-UTB*, 2(3), 40-49.

Navarro, G. (2021). Fertilizantes químicas y acción. Madrid, España: Mundi-Prensa.

Palma, B. (2019). Efecto de la fertilización con NPK sobre el rendimiento de dos híbridos experimentales de maíz (*Zea mays* L.) (Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo). 28 p.

- Parra, R. (2022). Las hormonas vegetales, *Biología de plantas*. In *Fisiología y desarrollo*, 18 (4), 140-152.
- Parra, R., Valverde, F., & Alvarado, S. (2021). Manejo de nutrientes por sitio específico con labranza mínima: Experiencias en generación de recomendaciones de fertilización en maíz (*Zea mays* L.), provincia Bolívar (Tesis de grado, Universidad Técnica Equinoccial, Santo Domingo).
- Rost, T., Weier, T. (2021). *Botánica: breve introducción a la biología vegetal*. New York: Wiley. Pages 155-170.
- Sancamillo Comercializadora de Grano S.A. (2019). Maíz en el Ecuador. [sancamillo.com: http://www.sancamilo.com.ec/maiz.html](http://www.sancamilo.com.ec/maiz.html).
- Sharma, I., Kaur, N., Pati, P. (2017) Brassinosteroids: A Promising Option in Deciphering Remedial Strategies for Abiotic Stress Tolerance in Rice. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-17.
- Srivastava, L. (2021). *Crecimiento y desarrollo de las plantas: hormonas y ambiente*. Amsterdam: Academic Press. Page 140. Archivo de Internet.pdf.
- Saborio, F. (2020). Bioestimulantes en la fertilización foliar: Principios y Aplicaciones. *Memorias Del Laboratorio de Suelos y Foliares*. Costa Rica: Centro de Investigaciones Agronómicas. p. 250.
- Yague, J. L. (2020). *Manual práctico sobre utilización del suelo y fertilizantes*. Madrid: Mundi-Prensa.