

Efecto del paclobutrazol en genotipos de maíz (*Zea mays L.*) sembrados en alta densidad

Paclobutrazol effects on maize genotypes (*Zea mays L.*) planted at high density

Efeitos do paclobutrazol em genótipos de milho (*Zea mays L.*) plantados em alta densidade

Mestanza-Uquillas, Camilo Alexander
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

c mestanza@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-9299-170X>



Véliz-Zamora, Diana Verónica
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

dvveliz@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2039-8741>



Vásquez-Montufar, Gregorio
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

gvasquez@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1260-8075>



Vásquez-Matute, Santiago Cristóbal
Universidad Nacional de Loja

santiago.vasquez@unl.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3713-020X>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n2/1223>

Como citar:

Mestanza-Uquillas, C. A., Véliz-Zamora, D. V., Vásquez-Montufar, G., & Vásquez-Matute, S. C. (2025). Efecto del paclobutrazol en genotipos de maíz (*Zea mays L.*) sembrados en alta densidad. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(2), 718–736.

Recibido: 24/11/2025

Aceptado: 19/12/2025

Publicado: 31/12/2025

Resumen

Existen investigaciones que reportan los efectos del paclobutrazol para disminuir el crecimiento de las plantas e incrementar la distribución de biomasa hacia las raíces, optimizando el uso de recursos. Por ello, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dicho producto sobre el comportamiento agronómico y productivo del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la época lluviosa y seca del año 2022. Se implantaron seis tratamientos y cuatro repeticiones aplicando un DCA con arreglo factorial, siendo el Factor A: Material Vegetal y sus niveles: variedad criolla, híbrido Splendor® y el híbrido Emblema®; mientras que, el Factor B: Aplicación de paclobutrazol y sus niveles: sin aplicación y con aplicación. Las variables en estudio fueron: Altura de la planta (cm), Diámetro del tallo (cm), Peso fresco de planta (g), Peso seco de planta (g), Rendimiento de granos (kg/ha) e Índice de cosecha. Los resultados muestran que, el uso de paclobutrazol no provocó cambios significativos en la altura de planta a los 30 dds, diámetro del tallo (30, 45 y 60 dds), peso fresco y peso seco de la planta (90 dds), mientras que, en el resto de las variables se pudo ver una mayor influencia del Factor B (Material Vegetal) como fue en el caso de la variable de Rendimiento del grano en la época lluviosa donde destaco el híbrido Emblema® con y sin aplicación de paclobutrazol. De igual manera sucedió en el índice de cosecha, donde el híbrido Esplendor® en ambas épocas, independientemente de si se aplicó o no paclobutrazol. Se concluyó, que el paclobutrazol no presentó resultados significantes con los materiales de maíz y en las condiciones agroclimáticas utilizadas en este experimento.

Palabras clave: *Z. mays*, genotipos, regulador de crecimiento, ácido giberélico, índice de cosecha.

Abstract

There is research that reports the effects of paclobutrazol to reduce plant growth and increase the distribution of biomass to the roots, optimizing the use of resources. Therefore, this research aimed to evaluate the effect of said product on the agronomic and productive behavior of the corn crop (*Zea mays L.*) in the rainy and dry season of 2022. Six treatments and four repetitions were implemented applying a DCA with factorial arrangement, Factor A being: Plant Material and its levels: Creole variety, Splendor® hybrid and the Emblema® hybrid; while, Factor B: Application of paclobutrazol and its levels: without application and with application. The variables under study were: Plant height (cm), Stem diameter (cm), Plant fresh weight (g), Plant dry weight (g), Grain yield (kg/ha) and Harvest index. The results show that the use of paclobutrazol did not cause significant changes in plant height at 30 das, stem diameter (30, 45 and 60 das), fresh weight and dry weight of the plant (90 das), while , in the rest of the variables a greater influence of Factor B (Plant Material) could be seen, as was the case of the variable of Grain Yield in the rainy season where the hybrid Emblema® stands out with and without application of paclobutrazol. The same thing happened in the harvest index, where the hybrid Esplendor® in both seasons, regardless of whether paclobutrazol was applied or not. It was concluded that paclobutrazol did not present significant results with the corn materials and in the agroclimatic conditions used in this experiment.

Keywords: *Z. mays*, genotypes, growth regulator, gibberellic acid, harvest index.

Resumo

Existem pesquisas que relatam os efeitos do paclobutrazol na redução do crescimento das plantas e no aumento da distribuição da biomassa para as raízes, otimizando o uso dos recursos. Portanto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito do referido produto no

comportamento agronómico e produtivo da cultura do milho (*Zea mays L.*) na estação chuvosa e seca de 2022. Foram implementados seis tratamentos e quatro repetições, aplicando um DCA com arranjo fatorial, sendo o Fator A: Material Vegetal e seus níveis: variedade Crioula, híbrido Splendor® e híbrido Emblema®; enquanto o Fator B: Aplicação de paclobutrazol e seus níveis: sem aplicação e com aplicação. As variáveis estudadas foram: altura da planta (cm), diâmetro do caule (cm), peso fresco da planta (g), peso seco da planta (g), rendimento de grãos (kg/ha) e índice de colheita. Os resultados mostram que o uso de paclobutrazol não causou alterações significativas na altura da planta aos 30 dias após o plantio, no diâmetro do caule (30, 45 e 60 dias após o plantio), peso fresco e peso seco da planta (90 dias após a semeadura), enquanto que, nas demais variáveis, pôde-se observar uma maior influência do Fator B (Material Vegetal), como foi o caso da variável Rendimento em Grãos na estação chuvosa, onde o híbrido Emblema® se destaca com e sem aplicação de paclobutrazol. O mesmo ocorreu no índice de colheita, onde o híbrido Esplendor® em ambas as estações, independentemente da aplicação ou não de paclobutrazol. Concluiu-se que o paclobutrazol não apresentou resultados significativos com os materiais de milho e nas condições agroclimáticas utilizadas neste experimento. Concluiu-se que o paclobutrazol não apresentou resultados significativos com os materiais de milho e nas condições agroclimáticas utilizadas neste experimento.

Palabras-chave: *Z. mays*, genótipos, regulador de crecimiento, ácido giberélico, índice de colheita.

Introducción

El maíz (*Zea mays L.*) es una gramínea de origen mesoamericano y ha sido cultivada durante aproximadamente 7000 años. Por su alta adaptabilidad a distintas condiciones climáticas (Şimon et al., 2023), se cultiva en múltiples países de América y Europa, siendo Estados Unidos, China, Brasil y Argentina los principales productores globales, siendo fundamental tanto económica como nutricionalmente a nivel mundial (Freddy et al., 2023; Guillín et al., 2020). El maíz es el cultivo transitorio principal en Ecuador y el segundo alimento más consumido después del arroz, con una producción significativa en las provincias de Guayas, Los Ríos y Manabí (Caviedes, 2019; Lopez et al., 2021).

En el plano nacional, el rendimiento del maíz se ve directamente afectado por la densidad de las plantas (Zhang et al., 2020), que es una estrategia clave influenciada por diversas condiciones agroecológicas y prácticas de manejo. Aumentar la densidad de siembra puede incrementar la producción total de biomasa (Du et al., 2021), pero puede ocasionar estrés hídrico y disminuir la eficiencia en la conversión de radiación fotosintéticamente activa (Li et

al., 2020; Winans et al., 2021). El rendimiento del maíz también depende de las condiciones climáticas, las fechas de siembra y la gestión de plagas y enfermedades, desempeñando roles cruciales (Djaman et al., 2022; Hernández-Trejo et al., 2019).

Inhibiendo la síntesis de giberelinas, el paclobutrazol (PBZ), un regulador del crecimiento perteneciente a la familia de los triazoles (Hütsch & Schubert, 2021b; Kamran et al., 2020), ha demostrado eficacia en mejorar el rendimiento del maíz. Este compuesto disminuye el crecimiento de las plantas (Hütsch et al., 2023) y aumenta la distribución de biomasa hacia las raíces, lo que podría incrementar la resistencia ante la escasez de agua y optimizar el uso de recursos (Hütsch & Schubert, 2021a, 2023), mejorando la eficiencia en el uso del agua y la tolerancia al estrés abiótico al regular la actividad de enzimas antioxidantes y acumular osmolitos (Urfan et al., 2022).

Se manifiestan a nivel morfológico y fisiológico los efectos positivos del PBZ sobre el rendimiento del maíz (Desta & Amare, 2021). A nivel microscópico, el PBZ hace que los cloroplastos en las hojas sean más grandes, lo que mejora la conversión de CO₂ en carbohidratos y, finalmente, el llenado de semillas (Velázquez- Alcaraz et al., 2019). La aplicación de PBZ también puede aumentar la eficiencia en el uso de fertilizantes y reducir la lixiviación de nutrientes, lo cual beneficia tanto a la productividad del cultivo como a la sostenibilidad ambiental (Hütsch & Schubert, 2023). Por lo tanto, el uso de reguladores del crecimiento como el paclobutrazol representa una estrategia prometedora para aumentar la productividad y la eficiencia en el uso del recurso hídrico y la gestión de nutrientes (Mehmood et al., 2021; Urfan et al., 2022).

En virtud a lo anterior, el objetivo de este estudio es determinar el efecto del inhibidor de la síntesis de giberelinas paclobutrazol en el rendimiento de maíz, tanto en la época seca como lluviosa en las condiciones agroclimáticas del El Campus Universitario “La María”, de

la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, con el fin de probar si el uso de este inhibidor mejora el desarrollo vegetativo y productivo de híbridos y variedad criolla de maíz.

Metodología

Los lotes experimentales de maíz se establecieron en el Campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizado en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos-Ecuador, en las coordenadas geográficas $1^{\circ} 3'18''$ S y $79^{\circ}25' 24''$ W. El experimentó tuvo lugar durante la época lluviosa (enero-abril) y la época seca (junio-noviembre) del año 2022, con una duración de 120 días en ambos casos. Bajo las siguientes características agroclimáticas: temperatura promedio $26\ 0C$, humedad relativa 87.71%, heliofanía horas/luz/año 915.56, precipitación anual mm 2274.29, y una evaporación, promedio anual (mm) de 89.46, zona ecológica bosque húmedo tropical (bh – T).

Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial A x B, siendo el Factor A: Material Vegetal y sus niveles: variedad criolla, híbrido Splendor[®] y el híbrido Emblema[®]; mientras que, el Factor B: Aplicación de paclobutrazol y sus niveles: sin aplicación y con aplicación. Previó al análisis de varianza fue comprobada la formalidad, residuos y homogeneidad de los datos para establecer las diferencias de medias, se aplicó la prueba Tukey al 95% de confianza, mediante el software Infostat. La Tabla 1 describe los tratamientos evaluados.

Tabla 1
Tratamientos evaluados

Tratamientos	Descripción
T1	Variedad criolla sin aplicación de paclobutrazol (testigo)
T2	Variedad criolla con aplicación de paclobutrazol
T3	Híbrido Esplendor [®] sin aplicación de paclobutrazol (testigo)
T4	Híbrido Esplendor [®] con aplicación de paclobutrazol
T5	Híbrido Emblema [®] sin aplicación de paclobutrazol (testigo)
T6	Híbrido Emblema [®] con aplicación de paclobutrazol

Nota: (Autores, 2025).

Manejo del cultivo

Una semana previa al establecimiento del lote experimental se preparó el terreno mediante un control de maleza y posterior arado, con ayuda del personal obrero del Campus, estudiantes y las maquinarias propias de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas (FCPB-UTEQ). La delimitación de parcelas (unidades experimentales) varió conforme la época. Para la época lluviosa cada parcela estuvo dispuesta a 25 m², con un espacio entre parcelas de 2 m, en total se evaluaron 24 unidades experimentales (parcelas). Mientras que, en la época seca se establecieron unidades experimentales de 3 x 3 m (9 m²) y una separación entre parcelas de 1 m, asimismo se evaluó un total de 24 parcelas. Antes de la siembra se procedió a la desinfección de las semillas para eliminar fitopatógenos. Posteriormente, se ejecutó dicha labor de forma directa, depositando dos semillas de cada material vegetal (variedad criolla, híbrido Splendor® y el híbrido Emblema®) por cada hoyo, a una distancia de 0.20 m entre plantas y 0.50 m entre hileras, dando como resultado una densidad poblacional de 100 000 plantas por hectárea. La aplicación del paclobutrazol correspondiente a los tratamientos T2, T4 y T6 tuvo lugar cada 15 días durante 60 días, siendo su primera aplicación a los 15 días después de la siembra. La dosis aplicada fue de 10 cc con la inclusión de 10 cc de fijador con ayuda de una bomba de mochila.

El control de arvenses fue químico y manual, llevándose a cabo la aplicación de herbicida pre-emergente de contacto complementado con un fijador al inicio del experimento, y posterior control manual a los 15, 30, 60 y 90 días después a la siembra. Para el control de plagas de mayor prevalencia en la zona como: *Spodoptera frugiperda*, *Diatraea saccharalis* y *Agrotis* spp. se aplicó el insecticida (chlorantraniliprole) más un regulador de pH. El control de enfermedades como la mancha de asfalto con funguicida (azoxystrobin + difenoconazole). La aplicación se la realizó de manera manual en los dos ciclos (época lluviosa y seca). En la época lluviosa se efectuaron dos fertilizaciones con una mezcla de Fosfato Di amónico (DAP),

muriato de potasio y urea granulada, dispuestos a 350 g por parcela y 8.4 kg por las 24 parcelas, dando un total de 16.4 kg durante todo el ciclo.

Mientras que, en la época seca se realizaron tres aplicaciones de 225 g por parcela, 32 g por hilera y 2 g por planta. La primera a los 8 días después de la siembra, rafos de yara (NITRO 39 % - N 38 % - S 7 %), la segunda 22 días Nitro KS (25% - P 0% - K 21% -S 4,5%), la tercera a los 40 días Nitro (N 38 % - 7 % S). La cosecha se realizó a los 126 días después de la siembra, una vez alcanzada la madurez fisiológica de las plantas. Posteriormente, se realizó el desgrane con una desgranadora mecánica y para finalizar se redujo la humedad de los granos al 13%.

Variables en estudio

Altura de la planta (cm)

Se ocupó una cinta métrica para medir el espacio comprendido entre la base del tallo hasta la inserción de la última hoja de la planta en centímetros. Esta medición se efectuó a diez plantas seleccionadas al azar a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra, tanto en el lote experimental establecido en la época lluviosa como en el establecido en época seca.

Diámetro del tallo (cm)

Se empleó un calibrador y se dispuso en la parte media del tallo para medir el grosor en centímetros. Esta medición se efectuó a diez plantas seleccionadas al azar a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra, tanto en el lote experimental establecido en la época lluviosa como en el establecido en época seca.

Peso fresco de planta (g)

Se extrajo la parte aérea de una planta por repetición y por cada tratamiento, para posteriormente registrar su peso en gramos con ayuda de una balanza. El registro de datos se efectuó a los 90 días después de la siembra, tanto en el lote experimental establecido en la época lluviosa como en el establecido en época seca.

Peso seco de planta (g)

Después de evaluar el peso fresco, las mismas muestras se llevaron a una estufa a 65 °C por 72 horas, para eliminar su contenido de agua, para luego registrar su peso en gramos con ayuda de una balanza. El registro de datos se efectuó a los 90 días después de la siembra, tanto en el lote experimental establecido en la época lluviosa como en el establecido en época seca.

Rendimiento de granos (kg/ha)

De acuerdo con el peso de granos por planta (g) durante la cosecha, se calculó el rendimiento de granos (g/m^2), para luego calcular el rendimiento de los granos expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha). Se empleó la siguiente ecuación:

$$Kg/ha = \frac{\text{Rendimiento por parcela útil (kg)} * 1000 \text{ m}^2}{\text{Área de parcela útil (m}^2)}$$

Índice de cosecha

Se estableció mediante la relación existente del peso total acumulado en los órganos cosechados y entre el total de biomasa seca producto de la parte aérea de la planta, permitiendo entender cuál genotipo de maíz aprovechó mejor el uso de paclobutrazol. Para lo cual, se utilizó la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{\text{Rendimiento en grano (g)}}{\text{Biomasa total (g)}}$$

Resultados**Altura de la planta (cm)**

De acuerdo con el ANOVA en la altura de la planta a los 15 dds durante la época lluviosa, con un coeficiente de 8.61% no se observaron diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos ($p>0.05$) (Tabla 1). Mientras que, en la época seca los tratamientos

registraron diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$), con un coeficiente de 5.17%, siendo T1 el mejor tratamiento con un promedio de 25.75 cm, y estadísticamente distinto a los tratamientos T3 (22.25 cm), T4 (22.33 cm), T5 (21.08 cm) y T6 (22.34 cm). Sin embargo, fue estadísticamente similar al T2 que registró un promedio de 24.75 cm (Tabla 2).

En la altura de la planta a los 30 dds según el ANOVA, tanto en la época lluviosa con un coeficiente de variación del 8.31%, como en la época seca (C.V. 7.55%), no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p>0.05$) (Tabla 2).

En base al ANOVA obtenido a los 45 dds, se pudo constatar que en la época lluviosa con un coeficiente de variación de 6.60% se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p<0.05$), siendo T1 el mejor tratamiento con un promedio de 192.5 cm, mismo que no presentó diferencias estadísticas con T2 (185.83 cm), T3 (174.58 cm) y T4 (172.75 cm), pero si fue distinto a T5 y T6 con promedios de 162.83 y 161.08 cm respectivamente (Tabla 2). Un escenario similar se reportó a los 45 dds en la época seca (C.V. 5.03%), donde se registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p<0.05$), siendo T1 y T2 los mejores tratamientos con promedios de 164.00 y 160.42 cm respectivamente. Difiriendo estadísticamente del resto de tratamientos, es decir T3 (136.67 cm), T4 (137.17 cm), T5 (136.42 cm) y T5 (135.00) (Tabla 2).

En cuanto a la altura a los 60 dds, según el ANOVA en la época lluviosa (C.V. 4.46%) existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p<0.05$), siendo T1 el mejor tratamiento con un promedio de 312.67 cm, mostrándose superior al T3, T5 y T6 con unos promedios de 281.84, 269.42 y 265.83 cm respectivamente. Sin embargo, el T1 fue estadísticamente igual al T2 y T4 con promedios de 292.75 y 283.58 cm respectivamente (Tabla 2). De forma opuesta ocurrió en la época seca (C.V. 5.80%), donde no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p>0.05$) (Tabla 2).

Tabla 2

Altura de planta (cm) a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra (dds). Campus La María-UTEQ. Época lluviosa y seca del 2022

Tratamiento	Época	Altura de planta 15 dds (cm)	Altura de planta 30 dds (cm)	Altura de planta 45 dds (cm)	Altura de planta 60 dds (cm)
T1	Lluviosa	26.05 a	73.39 a	195.25 a	312.67 a
T1	Seca	25.75 a	75.58 a	164.00 a	255.92 a
T2	Lluviosa	24.64 a	72.33 a	185.83 ab	292.75 ab
T2	Seca	24.75 ab	76.67 a	160.42 a	265.59 a
T3	Lluviosa	26.64 a	74.34 a	174.58 ab	281.84 b
T3	Seca	22.25 bc	78.83 a	136.67 b	241.59 a
T4	Lluviosa	26.07 a	67.98 a	172.75 ab	283.58 ab
T4	Seca	22.33 bc	72.42 a	137.17 b	234.17 a
T5	Lluviosa	25.11 a	69.50 a	162.83 b	269.42 b
T5	Seca	21.08 c	73.17 a	136.42 b	236.00 a
T6	Lluviosa	25.26 a	70.61 a	161.08 b	265.83 b
T6	Seca	22.34 bc	78.25 a	135.00 b	247.00 a
\bar{x}	Lluviosa	25.63	71.36	175.39	284.35
\bar{x}	Seca	23.08	75.82	144.95	246.72
C.V. (%)	Lluviosa	8.61	8.31	6.60	4.46
C.V. (%)	Seca	5.17	7.55	5.03	5.80

Nota: Leyenda: dds= días después de la siembra; É. lluviosa=Época lluviosa; É. seca=Época seca (Autores, 2025).

Diámetro del tallo (cm)

En el diámetro del tallo a los 15 dds según el ANOVA, en la época lluviosa (C.V. 8.76%), no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p>0.05$) (Tabla 2). Mientras que, de forma opuesta ocurrió en la época seca (C.V. 6.36%), donde se observaron diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$), siendo T2 el mejor tratamiento con un promedio de 0.67 cm, mismo que no difirió estadísticamente con T1 (0.62 cm), T6 (0.63 cm) y T4 (172.75 cm), pero si fue distinto a T3 (0.57 cm), T4 (0.57 cm) y T5 (0.58 cm) (Tabla 2). Por otra parte, de acuerdo al ANOVA en el diámetro del tallo a los 30, 45 y 60 dds, tanto en la época lluviosa como en la época seca, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p>0.05$) (Tabla 2).

Tabla 3

Diámetro del tallo a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra (dds). Campus La María-UTEQ. Época lluviosa y seca del 2022

Tratamiento	Época	Diámetro de tallos 15 dds (cm)	Diámetro de tallos 30 dds (cm)	Diámetro de tallos 45 dds (cm)	Diámetro de tallos 60 dds (cm)
T1	Lluviosa	0.53 a	1.63 a	2.18 a	2.00 a
T1	Seca	0.62 ab	1.22 a	2.23 a	2.25 a
T2	Lluviosa	0.54 a	1.59 a	2.20 a	2.00 a
T2	Seca	0.67 a	1.15 a	2.30 a	2.47 a

T3	Lluviosa	0.53 a	1.47 a	2.38 a	1.98 a
T3	Seca	0.57 b	1.08 a	2.31 a	2.44 a
T4	Lluviosa	0.57 a	1.69 a	2.49 a	2.04 a
T4	Seca	0.57 b	1.21 a	2.28 a	2.42 a
T5	Lluviosa	0.50 a	1.49 a	2.23 a	2.12 a
T5	Seca	0.58 b	0.95 a	2.15 a	2.47 a
T6	Lluviosa	0.58 a	1.63 a	2.58 a	1.95 a
T6	Seca	0.63 ab	1.09 a	2.12 a	2.66 a
\bar{x}	Lluviosa	0.54	1.58	2.34	2.02
\bar{x}	Seca	0.61	1.12	2.23	2.45
C.V. (%)	Lluviosa	8.76	13.57	9.52	8.31
C.V. (%)	Seca	6.36	13.21	4.13	8.37

Nota: Leyenda: dds= días después de la siembra; É. lluviosa=Época lluviosa; É. seca=Época seca (Autores, 2025).

Peso fresco de planta (g)

Según el ANOVA en el peso fresco de planta (g), tanto en la época lluviosa (C.V. 16.88%), como en la época seca (C.V. 16.39%), no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados ($p>0.05$) (Tabla 3).

Peso seco de planta (g)

De igual manera sucedió en el peso seco de planta (g), ya que, de acuerdo al ANOVA, tanto en la época lluviosa (C.V. 19.66%), como en la época seca (C.V. 20.68%), no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p>0.05$) (Tabla 3).

Rendimiento de granos (kg/ha)

En la variable rendimiento del grano (kg/ha) se pudo constatar mediante el ANOVA, con un C.V. de 11.21%, que existieron diferencias estadísticas significativas en la época lluviosa ($p<0.05$), siendo T5 y T6 los mejores tratamientos con promedios de 18628.75 y 19499.25 kg/ha respectivamente, mismos que no difirieron estadísticamente con T3 (17171.75 kg/ha) y T4 (17789.25 kg/ha), pero si fueron distintos a T1 (10908.25 kg/ha) y T2 (13691.00 kg/ha) (Tabla 3). Mientras que, en contraparte, según el ANOVA en la época seca (C.V. 11.54%), no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p>0.05$) (Tabla 3).

Índice de cosecha

En cuanto al índice de cosecha, por medio del ANOVA, con un C.V. de 11.58%, se pudo constatar que existieron diferencias estadísticas significativas en la época lluviosa

($p<0.05$), siendo T3 y T4 los mejores tratamientos con un promedio de 0.33, mismos que no difirieron estadísticamente con T2 (0.28), T5 (0.31) y T6 (0.32), pero si fueron distintos estadísticamente a T1 (0.24) (Tabla 3). De igual manera sucedió en la época seca (C.V. 6.57%) donde existieron diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$), siendo T3 el mejor tratamiento con un promedio de 0.41, sobreponiéndose a T1 y T2, ambos con un promedio de 0.34, pero siendo estadísticamente igual a T4 (0.37), T5 (0.36) y T6 (0.36) (Tabla 3).

Tabla 4

Peso fresco y seco de planta (g) a los 90 después de la siembra (dds), Rendimiento del grano (kg/ha) e Índice de cosecha. Campus La María-UTEQ. Época lluviosa y seca del 2022.

Tratamiento	Época	Peso fresco 90 dds (g)	Peso seco 90 dds (g)	Rendimiento grano (kg/ha)	Índice de cosecha
T1	Lluviosa	804.00 a	260.55 a	10908.25 c	0.24 b
T1	Seca	775.50 a	183.38 a	10518.50 a	0.34 b
T2	Lluviosa	787.50 a	268.10 a	13691.00 bc	0.28 ab
T2	Seca	789.75 a	184.50 a	9279.50 a	0.34 b
T3	Lluviosa	652.50 a	208.28 a	17171.75 ab	0.33 a
T3	Seca	593.25 a	144.38 a	11899.75 a	0.41 a
T4	Lluviosa	766.25 a	243.60 a	17789.25 ab	0.33 a
T4	Seca	677.75 a	161.08 a	11851.25 a	0.37 ab
T5	Lluviosa	808.00 a	255.40 a	18628.75 a	0.31 ab
T5	Seca	718.25 a	156.03 a	11918.50 a	0.36 ab
T6	Lluviosa	900.75 a	305.45 a	19499.25 a	0.32 ab
T6	Seca	747.75 a	178.34 a	11544.50 a	0.36 ab
\bar{x}	Lluviosa	786.50	256.90	16281.37	0.31
\bar{x}	Seca	717.04	167.95	11168.66	0.36
C.V. (%)	Lluviosa	16.88	19.66	11.21	11.58
C.V. (%)	Seca	16.39	20.68	11.54	6.57

Nota: Leyenda: dds=días después de la siembra; É. lluviosa=Época lluviosa; É. seca=Época seca (Autores, 2025).

Discusión

No existió una tendencia al incremento en los registros de altura de planta a los 15, 30, 45 y 60 dds los tratamientos que incluyeron paclobutrazol (T2, T4 y T6), frente a los que no incluyeron (T1, T3 y T5). Sin embargo, los resultados expuestos son superiores que los presentados por Barnes et al., (1989), el cual menciona que aplicando dosis de PBZ reducen de manera significativa a la altura del maíz cuando un retroceso en su crecimiento los mismo concluye Ríos et al., (2022), el cual alude que aplicando dosis de PBZ reduce la altura de las

plantas y las raíces, pero en su investigación señaló que número de botones florales de sus plantas mejoraron cuando se aplicó el PBZ.

En cuanto al diámetro del tallo, los resultados reportados en este experimento tanto en la época seca como en la época lluviosa fueron superiores que los planteados por Hossein et al., (2018), el cual destaca que aplicando PBZ en cultivo de sorgo se logró obtener un diámetro de tallo con un diámetro menor a 2.5 cm. Además, Bizuayehu y Getachew (2021), mencionan que la aplicación de paclobutrazol el cultivo redujo hasta en un 50% el diámetro del tallo, provocando que la xilema secundaria se desarrolle más y causando la reducción de los chupones de la planta, pero esto dependió de la dosis, variedad y forma de aplicar el producto para ver resultados favorecedores, aquello no se evidenció en este trabajo.

En relación a la variable de peso fresco, Según Machado (2022) reportó que a los 30, 60 y 90 días no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, tal y como sucedió en este experimento. Por su parte, Mendoza (2020) en su trabajo en arroz mencionó que no obtuvo diferencias entre las interacciones, factor A y B, donde solo reportó diferencias numéricas de los tratamientos que no aplicó paclobutrazol obteniendo mayor porcentaje de biomasa fresca, lo cual se pudo observar en este trabajo, sobre todo cuando se trató de los

Por otra parte, en el peso seco de planta (g), investigadores como Machado (2022) menciona que para dicha variable a los 30, 60 y 90 no encontró diferencias significativas, reportando datos numéricos únicamente. Mientras que Mendoza (2020), a los 30 y 60 días tampoco presentó diferencias tanto, en la interacción como el factor A y B, lo único que evidencio fue resultados numéricos, coincidiendo que con la aplicación de PBZ el cultivo de arroz acumuló más biomasa seca a los 60 días con un promedio de 48.15 g. Además, Velásquez et al. (2019), expresan que con la aplicación de PBZ las plantas se tornan más eficientes para producir materia seca, logrando una mejor fijación de CO₂ y mejorando el proceso fotosintético. Lo expresado por los autores antes mencionados, se asemejan a lo observado en

este experimento, donde a los 90 días, no se presentaron diferencias significativas, pero numéricamente con la aplicación de PBZ se logró el aumento de biomasa seca lo cual se evidenció en cada uno de los tratamientos que incluyó el uso de paclobutrazol (T2, T4 y T6).

En cuanto al rendimiento, según el ANOVA existió diferencias significativas en la época lluviosa, mientras que, en la época seca no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos. No obstante, en ambos casos los resultados fueron superiores que los expuestos por Velázquez et al., (2019), los cuales mencionan que al aplicar PBZ a las plantas de maíz se obtiene un rendimiento de 9100 kg/ha, lo mismo presentan Ponce et al., (2009), los cuales aplicaron el PBZ en el cultivo de trigo harinero tuvo un máximo rendimiento de 7040 kg/ha, siendo inferior que lo expuesto en el presente trabajo. Siendo Brenes (2022), el que destaca que las dosis de PBZ en gramíneas provocan que existan cambios en el tamaño de los granos y esto es lo que provoca que el rendimiento sea mayor o menor en cultivos de granos.

Según Rodríguez et al. (2016) presentaron en su investigación que el mayor índice de cosecha fue de 0.23, utilizando variedades de maíz locales, mientras que Zamudio et al. (2016) mencionan que con el aumento de densidad de siembra en el cultivo de maíz se aumenta el rendimiento de producción y de igual manera el índice de cosecha. Además, Machado (2022), presentó un mayor índice de cosecha en la variedad Esplendor aplicando paclobutrazol con 0.33 y la variedad Criolla con PBZ fue de 0.24. Datos presentados por los autores mencionados son inferiores a los presentados en este trabajo, donde se evidenció que con la aplicación de PBZ se obtuvo un índice de cosecha de 0.37 en la variedad Esplendor y en cuanto a la variedad Criolla con PBZ fue de 0.34 en la época seca.

Conclusión

La época en la que se establecieron los lotes experimentales influyó significativamente en las variables altura de planta 15 y 60 dds, diámetro del tallo 15 dds y rendimiento del grano,

mostrándose diferencias estadísticas entre tratamientos en una determinada época y similitudes en la otra, inhibiendo la influencia de los factores evaluados (material vegetal y el uso de paclobutrazol). Independientemente del material vegetal implementado, y las estaciones climáticas (época lluviosa y seca) en la que se establecieron los lotes experimentales de maíz, el uso de paclobutrazol no provocó cambios significativos en la altura de planta a los 30 dds, diámetro del tallo (30, 45 y 60 dds), peso fresco y peso seco de la planta (90 dds). Por último, el potencial genético de los materiales vegetales evaluados se vio expresado en los parámetros productivos, concretamente en el rendimiento del grano reportado en el lote experimental establecido en la época lluviosa, donde el uso del híbrido Emblema® se asoció a un mayor registro en kilogramos por hectárea, al margen de si se administró o no el paclobutrazol. De igual manera ocurrió en el índice de cosecha, donde en cambio, el híbrido Esplendor® demostró una mejor traslocación de nutrientes que los demás tratamientos, al margen de la época y el uso de paclobutrazol.

Financiamiento

La realización de esta investigación se llevó a cabo con el financiamiento de los Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica Octava Convocatoria, FOCICYT de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Referencias bibliográficas

- Acosta, R. (2009). *El cultivo del maíz, su origen y clasificación*. El maiz en Cuba. In C. Galindo (Ed.), Cultivos Tropicales (1st ed., Vol. 30, Issue 2).
- Badillo Herrera, A. E. (2016). *Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) variedad INIAP 122, en dosis diferentes, en la parroquia Malchingui, Cantón Pedro Moncayo, provincia Pichincha*.
- Barnes, AM., Walser, RH., & Davis, TD. (1989). Anatomy of *Zea mays* and *Glycine max* seedlings treated with triazole plant growth regulators. *Biologia Plantarum*, 31, 370–

375.

- Bizuayehu, D., & Getachew, A. (2021). Paclobutrazol as a plant growth regulator. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00199-z>
- Brenes, M. (2022). *Tamaño de semilla en Arabidopsis thaliana en variación natural asociada a la respuesta a paclobutrazol*. Universitat politècnica de valència.
- Caviedes, M. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 11(1), 116–123. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1100>
- Desta, B., & Amare, G. (2021). Paclobutrazol as a plant growth regulator. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00199-z>
- Djaman, K., Allen, S., Djaman, D. S., Koudahe, K., Irmak, S., Puppala, N., Darapuneni, M. K., & Angadi, S. V. (2022). Planting date and plant density effects on maize growth, yield and water use efficiency. *Environmental Challenges*, 6, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100417>
- Du, X., Wang, Z., Lei, W., & Kong, L. (2021). Increased planting density combined with reduced nitrogen rate to achieve high yield in maize. *Scientific Reports*, 11(358), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79633-z>
- Freddy, V.-P., Danilo, V.-R., Sacoto, C. A., & Mancero-Castillo, D. (2023). Evaluation of corn (*Zea mays* L.) hybrids in corn growing areas of Ecuador. *Centro Sur*, 1(19), 1–15. <https://www.centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/246/504>
- Guillín, X., Carmigniani, J., Naranjo, J., & Zambrano, E. (2020). Evaluación socioeconómica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona norte de la Provincia de los Ríos. *Journal of Business and Entrepreneurial Studies*, 4(2), 76–85. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7888287.pdf>
- Hernandez, G. (2011). *Clorofila, crecimiento y rendimiento dle maiz en respuesta al paclobutrazol aplicado hasta tres etapas fenológicas*. Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A. A., & Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 803–813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>
- Hossein, A., Almodares, A., & Akbar, A. (2018). Potential objectives for gibberellic acid and paclobutrazol under salt stress in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench cv. *Sofra*). *Applied Biological Chemistry*, 61(1), 113–124. <https://doi.org/10.1007/s13765-017-0329-1>
- Hütsch, B. W., & Schubert, S. (2021a). *Can nutrient-utilization efficiency be improved by reduced fertilizer supply to maize plants treated with the plant growth regulator paclobutrazol?* *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207(5), 884–900. <https://doi.org/10.1111/jac.12521>
- Hütsch, B. W., & Schubert, S. (2021b). Water-use efficiency of maize may be increased by the

- plant growth regulator paclobutrazol. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207(3), 521–534. <https://doi.org/10.1111/jac.12456>
- Hütsch, B. W., & Schubert, S. (2023). Grain yield, harvest index, water-use efficiency and nitrogen partitioning to grain can be improved by application of the plant growth regulator paclobutrazol to maize plants with reduced N supply. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 209(2), 261–272. <https://doi.org/10.1111/jac.12623>
- Hütsch, B. W., Kehm, L., & Schubert, S. (2023). Does the plant growth regulator paclobutrazol enhance root growth of maize exposed to drought stress during flowering? *Journal of Agronomy and Crop Science*, 209(5), 673–688. <https://doi.org/10.1111/jac.12646>
- Kamran, M., Ahmad, S., Ahmad, I., Hussain, I., Meng, X., Zhang, X., Javed, T., Ullah, M., Ding, R., Xu, P., Gu, W., & Han, Q. (2020). Paclobutrazol application favors yield improvement of maize under semiarid regions by delaying leaf senescence and regulating photosynthetic capacity and antioxidant system during grain-filling stage. *Agronomy*, 10(2), 187. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020187>
- Kamran, M., Cui, W., Ahmad, I., Meng, X., Zhang, X., Su, W., Chen, J., Ahmad, S., Fahad, S., Han, Q., & Liu, T. (2018). Effect of paclobutrazol, a potential growth regulator on stalk mechanical strength, lignin accumulation and its relation with lodging resistance of maize. *Plant Growth Regulation*, 84, 317–332. <https://doi.org/10.1007/s10725-017-0342-8>
- Kato, T., Mapes, C., Mera, L., Serratos, J., & Bye, R. (2009). *Origen y diversificación del maíz una revisión analítica* (C. Galindo, Ed.; 1st ed.). Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V.
- Li, J., Wu, M., Wang, K., Ming, B., Chang, X., Wang, X., Yang, Z., Xie, R., & Li, S. (2020). Identifying ways to narrow maize yield gaps based on plant density experiments. *Agronomy*, 10(2), 281. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020281>
- Lopez, G., Gaiser, T., Ewert, F., & Srivastava, A. (2021). Effects of recent climate change on maize yield in southwest Ecuador. *Atmosphere*, 12(3), 299. <https://doi.org/10.3390/atmos12030299>
- Machado García S. Paclobutrazol en la producción de biomasa e índice de cosecha del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) sometido a una alta densidad de siembra. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas. Carrera Agropecuaria. Quevedo – Los Ríos – Ecuador. 2022.
- MacRobert, J., Setimela, P., Gethi, J., & Worku, M. (2015). *Manual de producción de semilla de maíz híbrido*. In Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (CIMMYT) Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- Magdaleno, E., Mejía, A., Martínez, T., Jiménez, M., Sánchez, J., & García, J. (2016). Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 13(3), 437–447. <https://doi.org/10.22231/asyd.v13i3.405>
- Mehmood, M. Z., Qadir, G., Afzal, O., Din, A. M. U., Raza, M. A., Khan, I., Hassan, M. J., Awan, S. A., Ahmad, S., Ansar, M., Aslam, M. A., & Ahmed, M. (2021). Paclobutrazol Improves Sesame Yield by Increasing Dry Matter Accumulation and Reducing Seed Shattering Under Rainfed Conditions. *International Journal of Plant Production*, 15(3),

337–349. <https://doi.org/10.1007/s42106-021-00132-w>

Mendoza Mendoza O. Efectos del paclobutrazol en el comportamiento agronómico del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) en el Campus “La María”, Mocache 2020. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas. Carrera Agropecuaria. Mocache – Los Ríos – Ecuador. 2020.

Mendoza, O., & Mestanza, C. (2020). *Efectos del paclobutrazol en el comportamiento agronómico del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) En el campus “La María”, Mocache 2020.* In Repositorio Digital UTEQ. Universidad Técnica Estatal De Quevedo.

Padilla, S., Rodríguez, M., González, E., Osuna, S., & Pérez, M. (2017). Influence of paclobutrazol on bud growth and yield of *Psidum guajava L.* in high density. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 19, 3965–3977.

Párraga, F., Celi, A., Corozo, L., & Solís, L. (2022). Importance of paclobutrazol in out-of-season citrus production. *Manglar*, 19(1), 117–127. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.015>

Ponce, J. F., Paz, J. J., Zárate, A., Partida, L., Cruz, M., García, A. M., Rodríguez, R. E., & Ceceña, C. (2009). *Clorofila, crecimiento, rendimiento en grano y panza blanca en trigo harinero (*Triticum aestivum L.*) cultivado con paclobutrazol.*

Rios, L., Cruz, G., Arriaga, A., & Mandujano, M. (2022). Effect of paclobutrazol and Glomus intraradices on the crop of *Lilium* cv. *Armandale and Tresor*. *SIEMB*, 9(2), 1–9.

Rodríguez Laramendi L, Guevara Hernández F, Ovando Cruz J, Marto. Crecimiento e índice de cosecha de variedades locales de maíz (*Zea mays L.*) en comunidades de la región Frailesca de Chiapas, México. Cultivos Tropicales. 2016 ; 37(3).

Şimon, A., Moraru, P. I., Ceclan, A., Russu, F., Chețan, F., Bărdăș, M., Popa, A., Rusu, T., Pop, A. I., & Bogdan, I. (2023). The impact of climatic factors on the development stages of maize crop in the Transylvanian plain. *Agronomy*, 13(6), 1612. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061612>

Syngenta. (2017). *Ficha técnica del Cultar 25 SC*. Syngenta. https://www.syngenta.com.mx/sites/g/files/zhg501/f/media/2019/09/09/cultar_25_sc.pdf?token=1568049995

Urfan, M., Hakla, H. R., Sharma, S., Khajuria, M., Satbhai, S. B., Vyas, D., Bhougal, S., Yadav, N. S., & Pal, S. (2022). Paclobutrazol improves surface water use efficiency by regulating allometric trait behavior in maize. *Chemosphere*, 307, 135958. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135958>

Vásconez, G., Caicedo, L., & Veliz, D. (2021). Biomass production in corn crops: Central zone of the Ecuadorian coast. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 27(3), 417–431.

Velásquez Alcaraz T, Díaz Valdés T, Ayala Tafoya F, Yáñez Juárez M, Partida Ruvalcaba L, Medina López R, et al. Respuestas del maíz que indican que el paclobutrazol induce mayor actividad genética. *Intropica*. 2019; 14(1): p. 51-59.

Velázquez- Alcaraz, T. D. J., Díaz-Valdés, T., Ayala-Tafoya, F., Yáñez Juárez, M. G., Partida-Ruvalcaba, L., Medina López, R., & López-Orona, C. A. (2019). Respuestas del maíz que indican que el paclobutrazol es una sustancia que induce mayor actividad genética. *Intropica*, 14(1), 51–59. <https://doi.org/10.21676/23897864.2765>

- Velázquez, T., Díaz, T., Ayala, F., Yañez, M., Partido, L., Medina, R., & Lopez, C. (2019). Maize responses that indicate that the Paclobutrazol induces higher genetic activity. *Intropica*, 14(1), 51–59.
- Winans, E. T., Beyer, T. A., & Below, F. E. (2021). Managing density stress to close the maize yield gap. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.767465>
- Zamudio González B, Tadeo Robledo M, Espinosa Calderón A, Martínez Rodríguez N, Turrent Fernández A. Índice de cosecha con macro-nutrientos en grano de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2016; 5(7): p. 1077-1789.
- Zhang, D., Sun, Z., Feng, L., Bai, W., Yang, N., Zhang, Z., Du, G., Feng, C., Cai, Q., Wang, Q., Zhang, Y., Wang, R., Arshad, A., Hao, X., Sun, M., Gao, Z., & Zhang, L. (2020). Maize plant density affects yield, growth and source-sink relationship of crops in maize/peanut intercropping. *Field Crops Research*, 257, 107926. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107926>