

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria**

**Ingeniería Agronómica**



Proyecto Especial de Graduación

**Comparación del desarrollo agronómico y contenido nutricional de los materiales genéticos del maíz (*Zea mays* L.) Máster Choice MC 535 y DW-P-4082, para la producción de ensilaje**

Estudiantes

Lester Leonardo Cerrato Zuniga

Carlos Alberto Fernández Madrid

Asesores

Celia Trejo, Ph.D.

Ángel Suazo, MAE.

Honduras, agosto 2023

## **Autoridades**

**SERGIO ANDRÉS RODRIGUEZ ROYO**

Rector

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**CELIA O. TREJO RAMOS**

Directora del Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros .....	5
Índice de Figuras .....	6
Índice de Anexos .....	7
Resumen .....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
Materiales y Métodos .....	13
Ubicación Experimental .....	13
Condiciones Experimentales .....	13
Diseño Experimental .....	14
Manejo del Cultivo .....	14
Control de Malezas .....	14
Control de Plagas y Enfermedades .....	14
Fertilización .....	15
Variables Evaluadas en Etapa Fenológica .....	15
Altura de la Planta .....	15
Peso Completo de la Planta .....	15
Peso de Mazorca .....	15
Peso de Hojas .....	16
Peso de Tallo .....	16
Peso del Orote .....	16
Peso de Granos .....	16
Número de Hojas por Planta .....	16
Altura de Inserción de la Mazorca .....	16
Longitud de Entrenudos .....	16

Resultados y Discusión.....	18
Variables Biométricas .....	18
Altura de Planta .....	18
Longitud de Entrenudos.....	18
Numero de Hojas .....	19
Numero de Mazorcas por Planta .....	19
Altura de Mazorca.....	20
Peso de Planta.....	20
Peso de Tallo .....	21
Peso de Hojas.....	21
Peso de Elote.....	22
Peso Grano.....	22
Variables Bromatológicas .....	22
Materia Seca (MS).....	23
Fibra Ácido Detergente (FAD) .....	23
Fibra Neutro Detergente (FND) .....	23
Almidón.....	24
Proteína.....	24
Cenizas .....	25
Grasa .....	25
Conclusiones .....	26
Recomendaciones.....	27
Referencias.....	28
Anexos.....	31

### Índice de Cuadros

Cuadro 1 Efecto de los Tratamientos Respecto a la Altura de la Planta, Longitud Entre Nudos, Número de Hojas y Número de Mazorcas.....	18
Cuadro 2 Efecto de los tratamientos respecto a la altura de la mazorca, peso de la planta, peso del tallo y peso de las hojas .....	20
Cuadro 3 Efecto de los tratamientos respecto al peso del elote y peso grano .....	21
Cuadro 4 Efecto de los tratamientos respecto al contenido de materia seca, fibra ácido detergente (FDA) y fibra neutro detergente (FDN) .....	23
Cuadro 5 Efecto de los tratamientos respecto al porcentaje de almidón, proteína, cenizas y grasas de la planta de maíz.....	24

### Índice de Figuras

Figura 1 Mapa del área de estudio (Distribución completamente al azar de tratamientos y repeticiones del (Zea mays) DW-P-4082/MC-535) .....	13
---	----

**Índice de Anexos**

Anexo A Muestreo del suelo .....	31
Anexo B Pesaje de muestras de suelo .....	32
Anexo C Medidas de la estructura del suelo.....	33
Anexo D Siembra de maíz .....	34
Anexo E Germinación.....	35
Anexo F Fertilización .....	36
Anexo G Muestreo de partículas .....	38

## Resumen

El ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) es el forraje más utilizado a nivel mundial debido a su contenido nutricional y su aporte energético para el buen desempeño productivo de rumiantes. El objetivo principal fue validar el híbrido convencional MC-535 en condiciones de Zamorano para la producción de ensilado. Se evaluó y comparó el desarrollo agronómico y contenido nutricional de dos materiales genéticos de maíz: en el estudio se compararon los híbridos: MC-535 convencional y DW-P-4082 transgénico (tratamiento control). Los dos tratamientos se determinaron en un área de 7 ha para cada tratamiento. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA), con dos tratamientos y cuatro repeticiones en cada lote. Se analizaron los datos mediante el software estadístico "Statistical Analysis System" (SAS® versión 9.4), utilizando un modelo general lineal empleando un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$  y separación de medias mínimas. El maíz transgénico DW-P-4082 presentó mejores ( $P \leq 0.05$ ) características agronómicas que el maíz convencional MC-535 en peso de la planta, número de hojas, altura de la planta, peso de la mazorca, peso tallo, longitud entre nudos, a excepción en el peso del elote y peso del grano. Sin embargo, en el contenido nutricional evaluado por medio de análisis bromatológico no presentaron diferencias significativas entre los dos materiales genéticos.

*Palabras claves:* Ensilaje, forraje, híbrido, maíz.

### Abstract

Corn silage (*Zea mays* L.) is the most widely used forage worldwide due to its nutritional content and energy contribution for the good productive performance of ruminants. The main objective of this study was to validate the conventional hybrid MC-535 under Zamorano conditions for silage production. The agronomic development and nutritional content of two corn genetic materials were evaluated and compared. In the present study, the hybrids MC-535 conventional and DW-P-4082 transgenic (control treatment) were compared. The two treatments were determined in an area of 7 ha for each treatment. A complete randomized design (CRD) was used, with two treatments and four replications in each lot. Data were analyzed using the Statistical Analysis System (SAS® version 9.4) statistical software, using a general linear model employing an analysis of variance (ANOVA) with a significance level of  $P \leq 0.05$  and minimum means separation. Transgenic maize DW-P-4082 presented better ( $P \leq 0.05$ ) agronomic characteristics than conventional maize MC-535 in plant weight, number of leaves, plant height, ear weight, stalk weight, length between nodes, except for corn cob weight and kernel weight. However, in the nutritional content evaluated by bromatological analysis, there were no significant differences between the two genetic materials.

*Keywords:* Corn, forage, hybrid, silage.

## Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más antiguos y de mayor importancia a nivel mundial debido a su amplia distribución en forma de consumo. Taxonómicamente es perteneciente al orden Poales, familia de las poaceas (gramíneas). Siendo así, uno de los cultivos más producidos a nivel mundial. Perteneciente a las plantas C4 que se caracterizan en tener alta capacidad fotosintética lo que se traduce a una sensibilidad del fotoperiodo para el desarrollo fisiológico (O'Keeffe 2009).

El cultivo de maíz es una materia prima muy versátil que permite su transformación en productos que se utilizan para la alimentación humana, animal y de uso industrial, aportando en gran manera suministro de nutrición para especies menores y especies mayores complementando la nutrición animal con alta calidad nutrimental en forma de energía por medio de almidón. De acuerdo con el United States Department of Agriculture (USDA) la producción mundial de maíz alcanzó la segunda tasa más alta durante el año 2021/22 con una productividad total 1.21 billones de toneladas métricas (Tetraul 2022). De acuerdo con el consumo mundial se atribuye una derivación destinada al dispendio humano e industrial con 431 billones de toneladas. Adicionalmente la utilización forrajera abarca 693 millones de toneladas (Seguel Aguilar 2021). Con respecto a la alimentación en ganado bovino existen varios métodos de suplementación en grano y forrajera siendo la más importante el ensilaje.

El maíz transgénico es una modificación genética desarrollada mediante la ingeniería genética integrada en la biotecnología agrícola. La metodología se basa en insertar genes de interés de otros organismos de diferente especie, para que expresen en su fenotipo características específicas tales como resistencia a herbicidas y plagas. El DW-P-4082 tiene insertado el gen BT que genera resistencia a *Spodoptera frugiperda* (Gusano cogollero) además tiene resistencia al glifosato. Los híbridos convencionales se forman por un cruce de líneas puras para obtener características deseadas de una línea a otra (John 2023). Los maíces BMR que presentan una mutación natural que afecta la síntesis de lignina, reduciendo sus niveles en la planta. De esta forma, presentan una mayor digestibilidad en la fibra, que se traduce en un mayor valor nutricional para la alimentación de los rumiantes y en unos

mayores porcentajes de ingestión. El BMR es ideal para dietas con altas tasas de incorporación de ensilado (Romero y Cuatrin 2017).

En correspondencia, resultados deseados en el cultivo de maíz, se enlaza con una serie de factores fundamentales en el crecimiento y desarrollo del maíz donde se debe asociar firmemente la fisiología vegetal con las decisiones que se tomaran para un buen manejo agronómico. Así mismo la determinación de un buen desempeño en las dos fases fundamentales de este cultivo divididas en dos etapas: etapas de crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo, donde determinaran una mayor relación de grano a rastrojo, siendo ideal la calidad de alimento para un ensilaje (O'Keeffe 2009).

El ensilaje sirve para almacenar alimento en tiempos de abundancia forrajera y suministrarlo en tiempo de escasez, conservando calidad nutrimental y palatabilidad, permitiendo aumentar el número de animales en complementación de los concentrados. Por lo tanto, el ensilaje es un proceso de mezcla única del grano y fibra digestible donde constituyen fuentes energéticas para la alimentación de rumiantes. Sin embargo, se pretende conservar forraje húmedo donde se convierten carbohidratos solubles en ácidos orgánicos, como lo es el ácido láctico bajo condiciones anaeróbicas (Ruiz et al. 2009). En este proceso ocurren una serie de cambios bioquímicos, debido a enzimas de la propia planta en una primera fase aerobia, es decir en presencia de  $O_2$  y por la actividad enzimática de bacterias en una segunda fase anaeróbica o sea en ausencia de  $O_2$ . Este tipo de alimento se emplea para manejar ganado en sistemas intensivos, semi-intensivos o estabulada. Es de suma importancia evaluar y comparar las variables en el desarrollo vegetativo y reproductivo como los son, altura de la planta, longitud entre nudos, número de hojas, peso de tallo, altura de inserción de mazorca, peso de mazorca con el propósito de producir mayores indicadores de biomasa; sin embargo un buen resultado de las variables biométricas, fijaran excelentes resultados nutrimentales al momento de realizar un análisis químico proximal y Van Soest por medio de un análisis bromatológico en determinación de la calidad nutrimental del ensilaje.

Los objetivos de esta investigación fueron comparar el desarrollo agronómico de los híbridos Master Choice MC-535 y DW-P-4082 mediante la medición de las variables biométricas: altura de

planta, número de hojas y características de la mazorca para estimar rendimientos y comparar el contenido nutricional en materia fresca de los dos materiales genéticos híbridos de maíz a través de parámetros como contenido de proteínas, carbohidratos, grasas y materia seca.

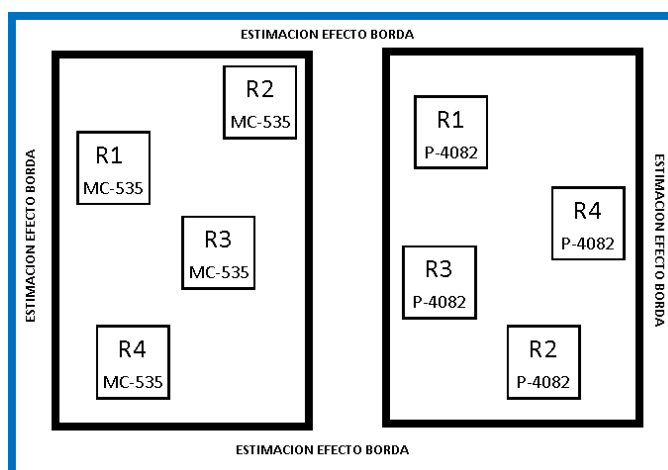
## Materiales y Métodos

### Ubicación Experimental

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana del Zamorano, Valle de Yegüare 32 km al sur este de Tegucigalpa, Honduras. La investigación se realizó entre los meses de agosto y noviembre en la unidad de pastos y forrajes, con una temperatura media anual de 26 °C con una precipitación media anual de 1100 mm y una altura de 800 msnm. La siembra se realizó en el lote de producción Florencia 1 el cual se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 14°1'12"latitud Norte 87°0'12"longitud Oeste.

### Figura 1

Mapa del área de estudio (Distribución completamente al azar de tratamientos y repeticiones del (*Zea mays*) DW-P-4082/MC-535)



Nota. Textura de suelo: Franco Arenoso; Lote

### Condiciones Experimentales

En el establecimiento del cultivo se establecieron dos materiales genéticos de maíz (*Zea mays*) Master Choice 535 convencional y maíz transgénico DW-P-4082 de la casa comercial Pioneer. En el lote experimental se dividieron en dos tratamientos con siete hectáreas de siembra para cada una de las variedades con una siembra total de 14 hectáreas. En el cultivo se estableció una siembra de nueve semillas por metro lineal con distancia entre hilera de 0.80 m; con una densidad total de 113,636 plantas/ha.

Se fijaron ocho unidades experimentales con cuatro repeticiones en cada tratamiento con un área de 21.6 m<sup>2</sup>. El área total fue de 172.8 m<sup>2</sup>. Se realizó la selección respectiva de un lote homogéneo con las mismas condiciones climatológicas donde no hubo variabilidad con el tipo de suelo siendo este franco arcilloso. Se determinó según la estación meteorológica de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano una precipitación de 671.55 mm en el ciclo del cultivo y un total de 1585.65 unidades térmicas (UTC), para la acumulación de Grados de desarrollo día (GDD) desde siembra hasta la cosecha para ambos tratamientos T1-T2. Se brindaron las mismas condiciones ambientales, manejo agronómico, fertilización y cosecha a los 90 días después de siembra.

### **Diseño Experimental**

Se utilizó un diseño Completo al Azar (DCA) con dos tratamientos y cuatro repeticiones por cada tratamiento. Cada tratamiento constó de siete hectáreas y cada repetición se consideró como unidad experimental. Se analizaron los datos mediante el software estadístico "Statistical Analysis System" (SAS® versión 9.4), utilizando un modelo general lineal empleando un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$  y separación de medias Least Square Means.

### **Manejo del Cultivo**

#### ***Control de Malezas***

Se realizaron una serie de aplicaciones específicas, post-emergente de glifosato en la etapa fenológica V3-V4, con el objetivo de controlar malezas de amplio espectro y retrasar la aparición de nuevas malezas. Se utilizó Nicosulfuron, un herbicida post-emergente sistémico, selectivo para el control de malezas hoja ancha y gramíneas utilizando una dosis de 1.5 litros por hectárea.

#### ***Control de Plagas y Enfermedades***

Se realizaron aplicaciones para la prevención de lepidópteros *Spodoptera fugiperda* (gusano cogollero) utilizando Emamectin Benzoate + Lufenuron, Profenofos + Lufenuron, con un efecto directo neurotóxico y translaminar. Para la prevención de enfermedades fitopatógenas como la Mancha de asfalto (*Phyllacora maydis*, *Monographella maydis*, *Conothyrium phyllochoare*) se realizó una

aplicación preventiva de trifloxistrobin + tebuconazole, foliar de acción sistémica y mesosistema previniendo en su totalidad utilizando una dosis de 600 – 800 mL/ha.

### ***Fertilización***

La aplicación fue dividida en dos fertilizaciones, aportando nutrientes incluyendo nitrógeno, potasio y fósforo. La demanda nutrimental de la fertilización del cultivo consta de requerimientos principales como: Nitrógeno (N) - 4.90 kg/ton de ensilaje; Fósforo (P) - 1.60 kg/ton de ensilaje, y Potasio (K) - 3.70 kg/ton de ensilaje (Paliwal 2001). Sin embargo, como indicativo de rendimiento de tonelaje por consecuente se realizó la fertilización convencional utilizado en el programa de siembra en la unidad de pastos y forrajes la cual implica 91 kg/ha de DAP (18-46-0), 181 kg/ha de Urea (46-0-0) y 91 kg/ha triple (15-15-15) (Morales B. 2012)

### **Variables Evaluadas en Etapa Fenológica**

#### ***Altura de la Planta***

Al momento de realizar esta práctica, se tomaron al azar diez plantas por cada una de las ocho unidades experimentales, ya que en cada tratamiento se establecieron cuatro repeticiones y de esta manera se midió la distancia que hay desde la raíz de la planta hasta la inserción de la espiga.

#### ***Peso Completo de la Planta***

Para obtener el peso completo de la planta entera se seleccionaron al azar diez plantas por cada una de las cuatro repeticiones de cada variedad, para poder obtener el peso se cortaron las plantas a nivel del suelo y se colocaron en una balanza digital modelo Ohaus 1500 g para determinar el peso.

#### ***Peso de Mazorca***

Para determinar el peso de la mazorca se seleccionaron 10 plantas al azar de cada una de las cuatro repeticiones de cada material genético y de esta forma se separó la mazorca de la planta y se procedió a realizar al pesaje.

***Peso de Hojas***

Para obtener el peso de las hojas se efectuó la toma de muestras al azar de 10 plantas de cada una de las cuatro repeticiones de cada variedad y de esta forma se extrajeron las hojas del tallo, se colocaron las hojas en un recipiente, realizando el pesaje en una balanza Ohaus 1500 calibrada.

***Peso de Tallo***

Para establecer el peso del tallo se seleccionaron 10 plantas al azar de cada una de las cuatro repeticiones de cada híbrido y de esta forma se separó todo el material del tallo y se procedió a realizar el pesaje.

***Peso del Orote***

El peso del orote se determinó por medio de la toma de 10 plantas al azar de cada una de las cuatro repeticiones de los dos tratamientos y de esta manera se separó todo el material de la planta y de la mazorca hasta obtener el orote, procediendo con el pesaje.

***Peso de Granos***

El peso del grano se adquirió extrayendo los granos de 10 plantas al azar en cada una de las cuatro unidades experimentales de cada tratamiento, de esta manera se pesó el material y promedio el peso de granos de cada planta.

***Número de Hojas por Planta***

Para determinar el número de las hojas por planta se tomaron 10 plantas al azar de cada una de las cuatro unidades experimentales de cada material genético y se determinó el conteo de las hojas presentes de cada planta.

***Altura de Inserción de la Mazorca***

Para obtener la altura de inserción de la mazorca se procedió con la extracción 10 plantas al azar de cada una de las cuatro unidades experimentales del tratamiento (T1) y el tratamiento (T2), tomando la medida desde la base de planta hasta la inserción de la primera mazorca.

***Longitud de Entrenudos***

Para determinar la longitud de entrenudos se seleccionaron 10 plantas al azar de cada una de las repeticiones de cada material genético, la cual se midió desde la raíz de la planta hasta el primer entrenudo y de esa manera se fue midiendo sucesivamente hasta la inserción de espiga.

## Resultados y Discusión

### Variables Biométricas

El Cuadro 1 indica la caracterización agronómica de cada uno de los tratamientos evaluados en los cuales se determinaron las variables para la producción de ensilaje.

#### Cuadro 1

*Efecto de los Tratamientos Respecto a la Altura de la Planta, Longitud Entre Nudos, Número de Hojas y Número de Mazorcas*

Variable	Tratamiento		Error Estándar	Probabilidad
	MC-535	DW-P-4082		
Altura de la planta (m)	2.42	2.76	0.03	<.0001
Longitud entre nudos (cm)	18.69	20.33	0.22	<.0001
Número de hojas	10.65	11.60	0.15	<.0001
Número de mazorcas	1.18	1.75	0.07	<.0001

#### **Altura de Planta**

Se observo un resultado diferente ( $P \leq 0.05$ ) entre el transgénico DW-P-4082 y el convencional MC-535 para la variable de altura entre planta, obteniendo el DW-P-4082 el valor más alto con una altura de 2.75 metros. La altura de una planta de maíz es afectada por una serie de factores ambientales y aspectos agronómicos. La altura de planta se ve conformada principalmente por el desarrollo de nudos y la extensión de la longitud entre nudos que tiene el cultivo. La investigación realizada por Elizondo (2013) demostró una altura de 2.89 metros para el transgénico DW-P-4082. Al comparar altura de plantas entre transgénicos y convencionales los transgénicos reflejan una mayor altura (Benítez Vargas [sin fecha]). No obstante Romero y Cuatrin (2017) evaluaron altura de planta en híbridos convencionales logrando alturas en híbridos convencionales de 2.2 metros.

#### **Longitud de Entrenudos**

Se observo diferencia ( $P \leq 0.05$ ) entre la media comparada de los tratamientos. El transgénico DW-P-4082 tuvo el mayor resultado en longitud entre nudos con 20.33 cm. La longitud entre nudos es una característica de modificación genética de cada material genético, siendo así un factor de método de selección para híbridos en términos de modificar la altura de la planta a conveniencia. En

un estudio, Torregroza C. et al. (1988) obtuvieron rangos entre 16-23 cm evaluando diferentes híbridos donde los mayores valores en los resultados fueron para los híbridos transgénicos.

### ***Numero de Hojas***

Se demuestra variabilidad en el número de hojas en los dos tratamientos siendo estadísticamente diferente con un valor superior para el transgénico. Determinando una mejor caracterización en la variable estipulada “numero de hojas” para el transgénico DW-P-4082. Con respecto a la bioquímica del cultivo en cada nudo de la planta nacen las hojas y es debido a este factor la determinación de tantos nudos y así mismo el número de hojas. Mendoza-Pedroza et al. (2019) demostraron un numero de hojas entre los híbridos evaluados en su investigación con valores de 10 y 11.7 hojas/planta aportando similitud al valor reflejado en el estudio actual presentado.

### ***Numero de Mazorcas por Planta***

Se observo diferencia significativa para número de mazorcas entre el convencional MC-535 y el transgénico DW-P-4082 con un número mayor de mazorcas. Con respecto a la cantidad de mazorcas son directamente proporcionales a la inhibición por parte de la dominancia apical permitiendo así la emergencia del número de las panículas. Sin embargo la reducción de mazorcas se ve reflejado en siembras con altas densidades, por consecuente los maíces pueden abortar sus yemas debido a la baja captación fotosintética (Harris et al. 1976). Por otra parte Edgar Espinosa-Trujillo et al. (2004) estipularon que sus rendimientos de 1.2 y 1.6 mazorcas por planta se atribuyeron a la diferencia de alta densidades de siembra. Sin embargo W. Morgan et al. (2002) indica que existe una breve alteración de la recepción de luz roja-roja lejana, ocasionando un crecimiento supremo en el tallo principal, disminuyendo el desarrollo de las yemas apicales marcando la dominancia apical y floración.

## Cuadro 2

*Efecto de los tratamientos respecto a la altura de la mazorca, peso de la planta, peso del tallo y peso de las hojas*

Variable	Tratamiento		Error Estándar	Probabilidad
	MC-535	DW-P-4082		
Altura de la mazorca (cm)	72.50	97.50	1.55	<.0001
Peso de la planta (g)	565.60	857.70	17.24	<.0001
Peso del tallo (g)	245.58	503.20	11.70	<.0001
Peso de las hojas (g)	96.40	117.95	3.75	<.0001

### **Altura de Mazorca**

Se presento diferencia en correspondencia al análisis de varianza entre los dos tratamientos evaluados, siendo el DW-P-4082 el valor más alto para la variable “altura de mazorca” con 97.5 cm. Las hojas superiores en el cultivo representan el 48% de área foliar están directamente sujetas al gravitropismo negativo, por consecuente la mayor proporción de fitohormonas se sitúan en la parte media hacia arriba. Las hojas intermedias representan el 13% de área foliar lo cual son significantes para la altura de la mazorca sin embargo va en desarrollo a la absorción de intensidad lumínica donde en densidades de producción se vuelve competitivo por causa volumen en desarrollo vegetativo. En una investigación de ocho híbridos donde se evaluó la altura de mazorca donde la mayor altura de mazorca fue para el transgénico DW-P-4082 (López et al. 2018). Sin embargo, Guaman et al. (2020) demuestran una altura de inserción de mazorca de los híbridos evaluados que oscilaban entre 76 y 81.2 cm, por lo tanto se evidencia la concordancia entre los tratamientos evaluados en el experimento actual presentado.

### **Peso de Planta**

Se encontró que el peso de planta varió significativamente entre los dos tratamientos evaluados con mayor peso de planta para el transgénico DW-P-4082. Los resultados se enlazan directamente con las etapas de crecimiento vegetativo teniendo un mayor efecto de desarrollo para producción. Sin embargo Elizondo G.(2013) demostró resultados similares de peso de planta, con un total de 970 g para el transgénico DW-P-4082 en comparación de los demás híbridos evaluados. Esto

indica con respecto al convencional siendo un BMR donde principalmente se basa en efectos de buena calidad nutrimental y baja producción de biomasa.

### ***Peso de Tallo***

Se demostró diferencias entre los tratamientos, mostrando que el peso de tallo fue varió entre las líneas genéticas MC-535 de maíz convencional y DW-P-4082 de maíz transgénico. En la conformación del tallo se encuentran carbohidratos estructurales como hemicelulosa, celulosa y lignina; enfocados específicamente al soporte de planta reflejando niveles de FND y FAD en su mayor proporción. López et al. (2018) obtuvieron resultados de 485 g para el transgénico DW-P-4082, demostrando que los dos híbridos en esta investigación evidencian valores que superan los híbridos convencionales, por lo tanto, generó un incremento en los rasgos productivos de biomasa.

### ***Peso de Hojas***

Al encontrarse diferencia, se determinó un mayor peso para la variable peso de hojas en transgénico DW-P-4082, sin embargo Santiago López U et al. (2018) demuestran valores similares para el transgénico a los obtenidos en este estudio, determinado una relación ideal dentro de los rangos de peso. Esto nos indica una superior cantidad de peso en hojas por lo cual demuestra un efecto significativo de producción de biomasa y un material con mayor digestibilidad.

### **Cuadro 3**

*Efecto de los tratamientos respecto al peso del elote y peso grano*

Variable	Tratamiento		Error Estándar	Probabilidad
	MC-535	DW-P-4082		
Peso del elote (g)	71.05	74.73	4.53	0.568
Peso del grano (g)	102.10	92.95	5.12	0.2107

***Peso de Elote***

Con respecto a esta variable, se encontró que el MC-535 y DW-P-4082 son semejantes en dicha caracterización agronómica. Se refleja por consecuente la excelente conformación de cada una de las variedades con el objetivo de potencializar y mantener la calidad nutrimental en el grano. El peso del elote es determinante de una buena estructura de formación de grano, sin embargo, es ideal un peso de elote liviano, donde facilite la molienda al momento del ensilaje. Enrique Ortiz-Torres et al. (2013) determinaron una media de peso de elote, rondando entre 62 y 480 g, por lo que indican una ideal variación en los resultados obtenidos entre el convencional MC-535 y el transgénico DW-P-4082.

***Peso Grano***

La media ajustada para peso del grano de la línea de maíz MC-535 fue de 102.10 g y de 92.95 g para el maíz DW-P-4082, no obstante, no hay diferencia en el análisis de varianza para los tratamientos, indicando que el convencional MC-535 es estadísticamente igual al transgénico DW-P-4082 en su variable evaluada como “peso grano”. De acuerdo a la conformación de llenado de grano, sosteniendo una temperatura ideal en ciclo del cultivo, no superando los 28 °C se le atribuye a los rendimientos obtenidos, sin embargo Guacho Abarca (2014) demuestra valores de rendimiento de grano donde refleja un promedio cercano a los resultados obtenidos, importante destacar que los resultados del MC-535 y el DW-P-4082 fueron mayores al estudio asociado antes mencionado.

***Variables Bromatológicas***

El Cuadro 4 indica la evaluación del contenido nutricional de cada uno de los tratamientos evaluados, donde no hubo diferencias para el análisis proximal y Van Soest en las variables nutrimentales.

**Cuadro 4**

*Efecto de los tratamientos respecto al contenido de materia seca, fibra ácido detergente (FDA) y fibra neutro detergente (FDN)*

Variable	Tratamiento		Error Estándar	Probabilidad
	MC-535	DW-P-4082		
Materia Seca (%)	28.25	28.33	1.55	0.9621
FDA (%)	36.53	38.80	1.46	0.3515
FDN (%)	53.58	54.90	1.54	0.5859

*Nota.* Fuente: Elaboración propia

***Materia Seca (MS)***

Para esta variable no se observó diferencia, mostrando que la materia seca fue semejante entre los materiales MC-535 y DW-P-4082 de maíz transgénico. Con respecto a los valores obtenidos la relación de MS para el convencional y el transgénico demostraron valores de 28%. Benítez Vargas (2018) reportó un valor de 28%, siendo igual a los resultados obtenidos. Sin embargo, Elizondo G. (2013) demuestra valores de 32.8% de MS para el transgénico DW-P-4082 donde también aporta la mayor producción de biomasa en comparación de los transgénicos evaluados, determinando así valores que fluctúan entre rangos de MS ideales en esta región.

***Fibra Ácido Detergente (FAD)***

De acuerdo con los resultados por medio del análisis de varianza no muestra diferencias entre los tratamientos. Debido a las síntesis de lignina y celulosa siendo estos los carbohidratos estructurales de conformación para la fibra ácido detergente, se estima específicamente la digestibilidad en correlación al consumo con las fibras neutro detergente. NúñezNúñez Hernández et al. (2010) demostraron niveles de FAD para transgénicos y convencionales de 37.1% manteniéndose en el rango de lo obtenido.

***Fibra Neutro Detergente (FND)***

Los resultados para el FND de la línea de maíz MC-535 fue de 53.575% y de 54.90% para el maíz DW-P-4082, no se encontró diferencia en el análisis de varianza para los tratamientos, indicando que la media del maíz MC-535 es estadísticamente igual al del maíz DW-P-4082. Su conformación de estructura está ligada directamente con celulosa, hemicelulosa y lignina, determinado así el nivel de

consumo que se puede determinar a partir de este parámetro. En correspondencia de los resultados de Martínez T. (2017) demostró rangos de 53-56% FDN lo que significa que se sostiene en los rangos obtenidos a nivel de región.

### **Cuadro 5**

*Efecto de los tratamientos respecto al porcentaje de almidón, proteína, cenizas y grasas de la planta de maíz*

Variable	Tratamiento		Error Estándar	Probabilidad
	MC-535	DW-P-4082		
Almidón (%)	11.17	14.65	1.65	0.233
Proteína (%)	6.57	5.88	0.21	0.1078
Cenizas (%)	7.55	6.33	0.80	0.3593
Grasas (%)	2.75	1.95	0.27	0.1633

### **Almidón**

Con respecto a la estimación de almidón no muestra diferencias entre los tratamientos, mostrando que el contenido de almidón fue igual entre los híbridos MC-535 y DW-P-4082, sin embargo, se obtuvieron valores bajos dentro de los rangos, tomando en cuenta el tiempo a cosecha R3-R4. Los híbridos al provenir de una cruce varietal que se busca características deseadas de ambos, estos factores de rendimiento se pueden ver alterados por factores ambientales al momento del desarrollo del cultivo como lo es el índice de fotoperiodo y las unidades térmicas acumuladas (UTC). Mancipe Muñoz et al. (2022) reportaron rangos entre 11% y 20% entre los híbridos evaluados, lo que demuestra al transgénico Pioneer con los valores superiores sin embargo, del mismo modo se reflejó en los resultados del MC-525 y DW-P-4082 en la investigación actual demostrada.

### **Proteína**

Destacando la variable de proteína, no se observó diferencias entre los tratamientos, mostrando que el contenido proteico fue similar para el convencional MC-535 y el transgénico DW-P-4082. Con respecto a la proporción de proteínas demostradas Tetraul (2022) demuestra un rango de 6.37-7.37 de proteína cruda, estableciendo una relación entre los resultados en relación con los

híbridos convencionales y transgénicos. Un estudio realizado por Martínez T. (2017) obtuvo rangos de proteína de 6.68-6.70% en los estados fenológicos R3-R4, respectivamente.

### ***Cenizas***

El análisis de varianza no mostró diferencias entre los tratamientos. Contenidos mayores de 12% de cenizas son producto de una mala fermentación y contaminación al momento de cosecha o proceso de ensilaje. Por lo tanto, los porcentajes obtenidos en el MC-535 y DW-P-4082, fluctuaron en rangos ideales. Con respecto a los resultados obtenidos Castillo et al. (2009) afirman que los valores obtenidos son rendimientos adecuados en donde en su investigación se evidencia rendimientos de 5.8% y 7.5% .

### ***Grasa***

Según el análisis estadístico para la variable evaluada el contenido de grasas donde no muestra diferencias entre los tratamientos, mostrando que el contenido de grasa fue igual entre los híbridos, MC-535 de maíz convencional y DW-P-4082 de maíz transgénico. Sin embargo estudios demuestran una composición comparativa de diferentes localidades regionales templadas donde refleja valores de 3.2%, 2.4% y 0.9% de grasas (Santini y Depetris 2006).

### **Conclusiones**

El maíz DW-P-4082 fue superior con respecto al maíz MC-535 en la mayoría de las variables biométricas utilizadas como lo son: altura entre planta, peso de planta, longitud entre nudos, número de hojas, inserción de mazorca, número de mazorca; a excepción de peso de elote y peso de grano.

Los dos materiales genéticos no presentaron diferencias en su composición nutricional.

### **Recomendaciones**

Realizar la siembra en época de días abiertos con el fin de satisfacer el requerimiento lumínico que estipula la planta para su óptimo desarrollo con características de influencia fotosintética.

Estimar costos de producción y comparación de rentabilidad para las dos líneas de híbridos para la producción de ensilaje.

## Referencias

- Benítez Vargas CD. 2018. Comparación de rendimiento de maíz transgénico y convencional para suplementación animal [Tesis de Pregrado]. Uruguay: Universidad Nacional de Asunción. español; [consultado el 9 de jul. de 2023]. <http://repositorio.conacyt.gov.py/handle/20.500.14066/2904>.
- Castillo M, Rojas A, WingChing-Jones R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense*; [consultado el 7 de jun. de 2023]. 33(1):133–146. ISSN:0377-9424. <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/5q47rn72z/dv141304p/hx11zr46m/production.pdf>.
- Edgar Espinosa-Trujillo, Ma. del Carmen Mendoza-Castillo, Joaquín Ortiz-Cereceres. 2004. Producción de mazorcas por planta en poblaciones ahijadoras de maíz en dos densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*; [consultado el 9 de jul. de 2023]. 27(1):19. es. <https://www.revfitotecnia.mx/index.php/rfm/article/view/1153>.
- Elizondo G. JO. 2013. Evaluación del rendimiento de los híbridos de maíz DK357VTPRO®, DK7088VTPRO® y P4082WHR® para la producción de ensilaje, Zamorano, Honduras [Proyecto Especial de Graduación]. [sin lugar]: Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2013. spa. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1668>.
- Enrique Ortiz-Torres, Pedro Antonio López, Abel Gil-Muñoz, Juan de Dios Guerrero-Rodríguez, Higinio López-Sánchez, Oswaldo R. Taboada-Gaytán, J. Arahón Hernández-Guzmán, Mario Valadez-Ramírez. 2013. Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo*; [consultado 9/0/2023]. 19(2). ISSN 2007-4034. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s1027-152x2013000200008&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s1027-152x2013000200008&script=sci_arttext).
- Guacho Abarca EF. 2014. Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo [Tesis de Pregrado]. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. spa. <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/3455>.
- Guaman R, Desiderio T, Villavicencio A, Ulloa S, Romero E. 2020. Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos Evaluation of the development and yield of the corn crop ...: Evaluation of the development and yield of the corn crop (*Zea mays* L.) using four hybrids; [consultado el 9 de jul. de 2023]. 7(2). ISSN: 1390-8928. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsrepo/246/2461179006/2461179006.pdf>.
- Harris, H. Moll, W. Stuber. 1976. Control and Inheritance of Prolificacy in Maize1. *Crop Science*; [consultado el 9 de jul. de 2023]. 16(6):843–850. en. <https://doi.org/10.2135/cropsci1976.0011183X001600060028x>. doi:2135.
- Mancipe Muñoz EA, Castillo Sierra J, Juan de Jesús Vargas Martínez, Yesid Avellaneda Avellaneda. 2022. Calidad composicional del ensilaje de tres cultivares de maíz (*Zea mays*) del trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana*; [consultado el 9 de jul. de 2023]. 33(2):16. spa.
- Martínez T. DA. 2017. Evaluación nutricional del ensilaje de maíz cosechado en cuatro etapas fenológicas elaborado con tres calibres de picado: Evaluación nutricional del ensilaje de maíz cosechado en cuatro etapas fenológicas elaborado con tres calibres de picado [Proyecto Especial de Graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. spa; [consultado el 9 de jul. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6111>.

- Mendoza-Pedroza SI, Rivas-Jacobo MA, Carballo-Carballo A, Quero-Carrillo AR. 2019. Productividad y caracteres morfológicos de híbridos de maíz forrajero. *AP*. 12(8):59–65. <http://dx.doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1452>. doi:10.32854/agrop.v0i0.1452.
- Morales B. FX. 2012. Evaluación de rendimientos de ensilaje de nueve diferentes densidades de siembra de maíz para la variedad Pioneer 30K73HR en Zamorano, Honduras [Proyecto Especial de Graduación]. [sin lugar]: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. spa. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1050>.
- Núñez Hernández G, Payán García JA, Pena Ramos A, González Castañeda F, Ruiz Barrera O, Arzola Alvarez C. 2010. Forage quality and agronomic characterization of annual forage species in North-Central Mexico. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*; [consultado el 9 de jul. de 2023]. 1(2):85–98. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s2007-11242010000200001&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s2007-11242010000200001&script=sci_abstract&tlng=pt).
- O’Keeffe K. 2009. *Maize: Growth & Development*. Australia: [sin editorial]. ISBN: ISBN 978 0 7347 1955 3; [consultado el 9 de jul. de 2023]. [https://www.dpi.nsw.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0007/516184/Procrop-maize-growth-and-development.pdf](https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/516184/Procrop-maize-growth-and-development.pdf).
- Romero L, Cuatrin A. 2017. Comparacion del Maiz Granifero en Relacion al Hibrido BMR para Ensilaje [Tesis de Pregrado]. Argentina: Universidad de Villa Maria; [consultado el 6 de jul. de 2023]. [https://www.researchgate.net/profile/luis-romero-18/publication/325064039\\_comparacion\\_del\\_maiz\\_granifero\\_en\\_relacion\\_al\\_hibrido\\_bmr\\_para\\_ensilaje](https://www.researchgate.net/profile/luis-romero-18/publication/325064039_comparacion_del_maiz_granifero_en_relacion_al_hibrido_bmr_para_ensilaje).
- Ruiz BO, Castillo Y, Anchondo A, Rodríguez C, Beltrán R, La O O, Payán J. 2009. Efectos de enzimas e inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. *Revista RepiSalud*. 58(222). ISSN 1885-4494. en. <http://dx.doi.org/10.4321/s0004-05922009000200001>.
- Santiago López U, Rosales Nieto CA, Santiago López E, Santiago López N, Preciado Rangel P, Palmo Gil A, Real D. 2018. Biomass in eight hybrids of maize with different sowing dates and environmental conditions Rendimiento de forraje, grano y biomasa en ocho híbridos de maíz ... Mexico: [sin editorial]; [consultado el 9 de jul. de 2023]. <https://core.ac.uk/download/pdf/333826272.pdf>.
- Santini F, Depetris G, editores. 2006. *El cultivo del maíz en la Argentina: El rol del maiz en la alimentacion animal*. Argentina: [sin editorial]. 9 vol. (vol. 2). <http://gabrieluzca.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/maizynutricion.pdf>.
- Seguel Aguilar CI. 2021. Análisis del funcionamiento del mercado de commodities agroalimentarios: casos arroz, maíz y trigo [Tesis de Pregrado]. Chile: Universidad de Talca. es; [consultado el 7 de sep. de 2023]. <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/12389>.
- Tetraul F. 2022. U.S. Department of Agriculture Foreign Agricultural Service Global Market Analysis. Washington, DC: [sin editorial]; [consultado el 12 de jun. de 2023]. 43 p. <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/5q47rn72z/dv141304p/hx11zr46m/production.pdf>.
- Torregroza C. M, W. Martinez O, Pulido I, Jimenez G. 1988. Efecto de la selección masal divergente por proliferación en maíz sobre el diagrama de entrenudos. *Agronomía Colombiana*; [consultado el 9 de jul. de 2023]. 53-59. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/download/20954/21853>.
- W. Morgan, Scott A. Finlayson, Kevin L. Childs, John E. Mullet, William L. Rooney. 2002. Opportunities to Improve Adaptability and Yield in Grasses. *Crop Science*; [consultado el 9 de jul. de 2023].

42(6):1791–1799. en. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci2002.1791>.  
doi:10.2135/cropsci2002.1791.

**Anexos****Anexo A***Muestreo del suelo*

**Anexo B***Pesaje de muestras de suelo*

## Anexo C

### *Medidas de la estructura del suelo*



**Anexo D***Siembra de maíz*

**Anexo E**

*Germinación*



**Anexo F***Fertilización*



**Anexo G**

*Muestreo de partículas*

