

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA



**Efecto del despanaje y defoliación sobre el rendimiento de
grano de la línea de alta endogamia de maíz amarillo duro
Zea mays L. (Poaceae) CML 297**

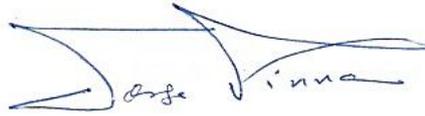
**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

ITALO QUIROZ MERCADO

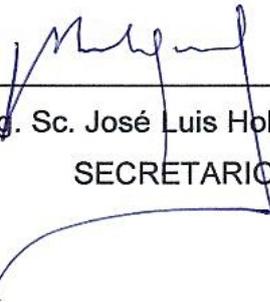
TRUJILLO, PERÚ

2019

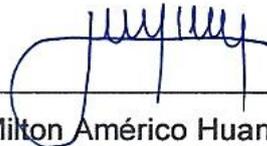
La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



Ing. Dr. Jorge Pinna Cabrejos
PRESIDENTE



Ing. Mg. Sc. José Luis Holguín del Río
SECRETARIO



Ing. Ph. D. Milton Américo Huanes Mariños
VOCAL



Ing. Ph. D. Miguel Ángel Barandiarán Gamarra
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres, Francisca y Tito, por el amor, cariño y apoyo durante toda mi vida.

A ti, mamá, por el esfuerzo inmenso que has dado por nosotros.

A mi hermano, Gianluca, por estar conmigo en las buenas y en las malas; y porque sé que así siempre será.

A Javier y Zoila, mis abuelos, porque son nuestros segundos padres y siempre los llevaré conmigo.

Y a mi tío Javicho, porque desde el cielo nos cuidas y guías a todos.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Miguel Ángel Barandiarán por su valiosa enseñanza como profesor, asesor y amigo; su gran apoyo y disposición para resolver todas mis dudas en este proceso.

A Gabriela, Marjorie, Carlos Enrique, Deivis, Luciana, Kimberly, y todas las personas que estuvieron conmigo durante la parte experimental y analítica de esta investigación, por sus consejos y ayuda.

Y a Luis, por su infinita curiosidad. Por aprender ayudando, por alentarme a seguir siempre adelante.

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|------|
| CARÁTULA | i |
| APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS..... | i |
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iv |
| ÍNDICE | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | vii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | ix |
| RESUMEN..... | x |
| ABSTRACT | xi |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA | 3 |
| 2.1. La planta de maíz | 3 |
| 2.2. Líneas de alta endogamia..... | 4 |
| 2.3. Despanoje..... | 6 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 9 |
| IV. RESULTADOS..... | 15 |
| 4.1. Rendimiento de grano (t/ha) | 15 |
| 4.2. Longitud de mazorca | 16 |
| 4.3. Número de hileras por mazorca..... | 17 |
| 4.4. Número de granos por hilera | 19 |
| 4.5. Número de granos por metro cuadrado | 20 |
| 4.6. Diámetro de mazorca..... | 22 |
| 4.7. Diámetro de tusa..... | 23 |
| 4.8. Longitud de grano | 25 |
| 4.9. Ancho de grano..... | 26 |
| 4.10. Grosor de grano..... | 28 |
| 4.11. Peso de 100 granos..... | 29 |
| V. DISCUSIÓN | 31 |
| VI. CONCLUSIONES | 34 |

| | |
|----------------------------|----|
| VII. RECOMENDACIONES | 35 |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA | 36 |
| IX. ANEXOS | 40 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 1. | Temperaturas máxima, mínima y promedio durante el ciclo vegetativo del cultivo | 9 |
| Figura 2. | Efecto de la defoliación en el rendimiento de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro | 15 |
| Figura 3. | Regresión lineal de hojas defoliadas y rendimiento de grano en maíz de la línea CML 297 de maíz amarillo duro. | 16 |
| Figura 4. | Efecto de la defoliación en la longitud de mazorcas por metro cuadrado de la línea CML 297 de maíz amarillo duro. | 17 |
| Figura 5. | Regresión lineal de hojas defoliadas y la longitud de mazorca de la línea CML 297 de maíz amarillo duro..... | 17 |
| Figura 6. | Efecto de la defoliación en el número de hileras por mazorca de la línea CML 297 de maíz amarillo duro..... | 18 |
| Figura 7. | Regresión lineal entre hojas defoliadas y el número de hileras /mazorca de la línea CML 297 de maíz amarillo duro | 19 |
| Figura 8. | Efecto de la defoliación en el número de granos por hilera de la línea CML 297 de maíz amarillo duro | 19 |
| Figura 9. | Regresión lineal entre hojas defoliadas y el número de granos por hilera de la línea CML 297 de maíz amarillo duro | 20 |
| Figura 10. | Efecto de la defoliación en el número de granos por metro cuadrado de la línea CML 297 de maíz amarillo duro | 21 |
| Figura 11. | Regresión lineal entre hojas defoliadas y el número de granos por metro cuadrado de la línea CML 297 de maíz amarillo duro..... | 21 |
| Figura 12. | Efecto de la defoliación en el diámetro de mazorca de la línea CML 297 de maíz amarillo duro | 22 |
| Figura 13. | Regresión lineal entre hojas defoliadas y el diámetro de mazorca de la línea CML 297 de maíz amarillo duro..... | 23 |

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 14. | Efecto de la defoliación en el diámetro de tusa de la línea CML 297 de maíz amarillo duro..... | 24 |
| Figura 15. | Regresión lineal entre hojas defoliadas y el diámetro de tusa de la línea CML 297 de maíz amarillo duro..... | 24 |
| Figura 16. | Efecto de la defoliación en la longitud de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro..... | 25 |
| Figura 17. | Regresión lineal entre hojas defoliadas y la longitud de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro | 26 |
| Figura 18. | Efecto de la defoliación en el ancho de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro..... | 27 |
| Figura 19. | Regresión lineal entre hojas defoliadas y el ancho de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro | 27 |
| Figura 20. | Efecto de la defoliación en el grosor de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro..... | 28 |
| Figura 21. | Regresión lineal entre hojas defoliadas y el grosor de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro | 29 |
| Figura 22. | Efecto de la defoliación en el peso de 100 granos de la línea CML 297 de maíz amarillo duro..... | 29 |
| Figura 23. | Regresión lineal entre hojas defoliadas y el peso de 100 granos de la línea CML 297 de maíz amarillo duro | 30 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Tabla de cuadrados medios de las características estudiadas y su significación estadística. | 40 |
| Anexo 2. Tabla de valores promedio de las variables estudiadas según tratamientos | 41 |
| Anexo 3. Tabla de coeficientes de regresión (b) entre número de hojas defoliadas y las variables en estudio | 42 |
| Anexo 4. Tabla de coeficientes de correlación (r) entre número de hojas defoliadas y las variables en estudio..... | 42 |

RESUMEN

El despanoje es la labor más delicada e importante en la producción de semilla híbrida de maíz. Esta labor se puede realizar ya sea en forma manual o por medio de máquinas despanojadoras, lo cual es usualmente complementado con eliminación manual de las panojas. Al realizar esta operación, es muy frecuente la remoción de una o más hojas al momento de jalar hacia arriba la panoja para sacarla. El propósito de este estudio fue determinar el efecto de la eliminación sistemática de las hojas desde la hoja bandera hasta la hoja mazorca, que fue la sexta hoja, en relación al testigo sin despanojar (Testigo 1) y al tratamiento despanojado, (Testigo 2) en la línea de alta endogamia CML 297, de maíz amarillo duro. El trabajo se realizó en el Fundo UPAO de la Universidad Privada Antenor Orrego en la ciudad de Trujillo, Perú. Los resultados mostraron que la remoción de la panoja incrementó el rendimiento en 7.5% con respecto al testigo sin despanojar. La eliminación de las hojas redujo el rendimiento de grano en 30.9% con respecto al testigo sin despanojar y en 35.9% con respecto al tratamiento de plantas solo despanojadas. Con respecto al testigo sin despanojar, la eliminación de las 6 hojas redujo la longitud de mazorca en 8%, el número de granos por hilera en 4.1%, y la prolificidad en 20%. El coeficiente de regresión entre las hojas eliminadas y el rendimiento de grano fue negativo y significativo con un valor de $b = -0.466$ t/ha. En general, los coeficientes de correlación entre las hojas eliminadas y las variables estudiadas fueron negativos.

Palabras clave: Maíz, línea de alta endogamia, híbrido, despanoje, defoliación, rendimiento.

ABSTRACT

Detasseling is the most delicate and important labor in corn hybrid seed production. This operation can be done either by hand removal of all tassels in the female parent, or by means of machines which is usually complemented by hand removal. In doing this, it is quite frequent to take one or more leaves at the moment the tassel is pulled out. The purpose of this study was to determine the effect of the systematic elimination of the leaves on grain yield in the parental line CML 297, starting from the flag leaf to the leaf bearing the corn ear with respect to both testers, tasseled (Check-1) and detasseled (Check-2). The research work was conducted in Fundo UPAO belonging to the Private University Antenor Orrego, in Trujillo, Peru. Results showed that tassel removal increased grain yield in 7.5% as compared with the tasseled tester. On the other hand, the elimination of the leaves reduced grain yield in 30.9% and 35.9% with respect to the first and second tester, respectively. Furthermore, with respect to the tasseled tester, ear length was reduced in 8%, the number of grains per row in 4.1% and numbers of ear per plant in 20%. The coefficient of regression of the defoliated plants and grain yield was negative and significant statistically with a value of $b = -0.466$ t/ha. In general, the correlation coefficients were negative between the defoliated leaves and the variables considered in the study.

Keywords: Corn, parental line, hybrid, detassel, defoliation, yield.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz amarillo duro es uno de los cultivos más importantes del Perú. En el año 2018 se alcanzó una producción de 1 262 279 toneladas en una superficie nacional cosechada de 256 163 hectáreas (MINAGRI, 2018). El cultivo tiene un gran potencial de desarrollo agroindustrial; se siembra mayormente en la costa y en la selva como uno de los principales insumos para la producción avícola y porcina (Debouck y otros, 2008). Cabe mencionar, además, que en estas dos regiones es donde se encuentran las empresas avícolas nacionales más importantes, y que propician el crecimiento de la producción maicera (Injante y Joyo, 2010).

La semilla que mayormente se usa para la siembra de maíz en la costa es de híbridos simples, esto quiere decir, que es producida a partir de dos líneas parentales que presentan alta heterosis entre ellas (Carson, 2013). El despanoje es una de las operaciones más importantes en la producción comercial de semilla F_1 , para poder garantizar la calidad y pureza genética del híbrido. Consiste en remover la panoja de las plantas de la línea parental hembra antes de emitir polen, para asegurar que todas las plantas de los surcos “hembra” sean polinizados por la línea parental macho (Paliwal y otros, 2001). Así la línea parental hembra, o debe ser macho estéril o tiene que ser despanojada, para evitar la emisión de polen, lo cual requiere además de campos aislados para evitar contaminaciones (Office of The Gene Technology Regulator, 2008).

Para lograrlo, el despanoje de las plantas “hembra” puede realizarse manualmente, con máquinas despanojadoras, o empleando algún sistema genético para esterilizar las anteras, convirtiendo a la línea parental hembra en “macho estéril”. En los dos primeros, es frecuente la extracción de una o más hojas al momento de extraer la panoja (Carson, 2013). Esta pérdida de área foliar, accidental y no deseada, en ocasiones puede abarcar más

de una hoja, lo que eventualmente produce reducción de los rendimientos esperados, por lo que es importante determinar el efecto de la pérdida de hojas en el proceso del despanoje, sobre el rendimiento del grano de la línea parental hembra que es la que produce la semilla híbrida comercial. Esto último es particularmente importante puesto que en el Perú no hay aún gran experiencia en el manejo de campos de producción de semilla híbrida de maíz, ni trabajos con sustento científico sobre los efectos de malas prácticas de manejo en el despanoje.

El presente trabajo tiene como objetivo entonces, determinar el efecto del despanoje y de la pérdida de una o más hojas, sobre el rendimiento del grano de la línea parental CML 297 de maíz amarillo duro, que ocurre cuando esta operación no se realiza adecuadamente.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. La planta de maíz

Hasta el momento no se ha establecido fehacientemente la región de origen de la planta de maíz. Las teorías más importantes sobre el centro de origen del maíz son tres. Una de las más aceptadas sostiene que el maíz moderno podría provenir de: un maíz silvestre, o de un teosinte silvestre, o de un antepasado silvestre diferente a los anteriores (Wikes y Goodman, 1995). Mangelsdorg, (citado por Bonavia, 2013) menciona que el teosinte es el pariente más cercano del maíz, y es una de las teorías más aceptada. El mismo autor agrega que existen dos posiciones que debaten el origen de las mazorcas del maíz. Una de ellas expone su origen en la modificación de la inflorescencia femenina del teosinte, a través de cambios morfológicos; y la otra, a través de transmutación sexual. Tapia y Fries (2007), sostienen que el origen primario se sitúa en Mesoamérica (regiones altas del sur de México y norte de Guatemala) entre los años 8000 y 6000 A.C. aproximadamente, y señala a los Andes centrales como un centro secundario de origen. Actualmente, no se ha dilucidado el origen exacto del maíz y existen aún muchas investigaciones trabajando en ello.

El maíz es una planta monoica, esto es, las flores masculinas o estaminadas y las flores femeninas o pistiladas se ubican en órganos sexuales separados en la misma planta, que facilitan su naturaleza alógama o de polinización cruzada. La inflorescencia femenina o mazorca, se desarrolla a partir de yemas axilares ubicadas en la quinta o sexta hoja contadas desde la panoja. La mazorca está formada por un eje central o tusa, de donde nacen un número variable de pares de hileras a lo largo del mismo y que pueden llegar a 24 o más hileras. La mazorca está cubierta por hojas modificadas o brácteas. En la parte superior del tallo se encuentra la inflorescencia masculina o panoja. El maíz es una especie que presenta

protandria, es decir, la floración masculina (antesis o emisión de polen) ocurre antes que la floración femenina (aparición de los estigmas).

El sistema radicular está formado por las raíces adventicias, que forman la masa radicular de la planta que la fijan en el suelo y se extienden hasta 1.5 metros de profundidad, y las raíces de anclaje que nacen a dos y hasta 4 nudos por encima de la superficie del suelo que mantiene a la planta erecta evitando su volcadura o acame. Las hojas son largas y se ubican de manera alterna en el tallo, lo cual es típico de las gramíneas (Guerrero, 1999).

2.2. Líneas de alta endogamia

A comienzos del siglo XX, luego del redescubrimiento de las leyes de Mendel y el nacimiento de la genética como ciencia, ya se conocía el efecto de pérdida de vigor del maíz cuando la planta era sometida a sucesivas autofecundaciones, hasta llegar a estabilizarse genéticamente, una vez que alcanzaba un elevado porcentaje de locus homocigotos, convirtiéndose así, en líneas de alta endogamia, es decir cuando dejaba de segregarse (Hallauer y Miranda, 1981). También por esos tiempos, ya se conocía que cuando se cruzaban dos líneas de alta endogamia, el vigor perdido a través de las autofecundaciones, no solo se recuperaba, sino que muchas veces excedía el vigor de las plantas normales, lo que se conoce como vigor híbrido o heterosis (Ramírez, 2006). Esto fue demostrado por los trabajos pioneros publicados por George Shull (1909), sobre la producción alcanzada por la semilla F_1 de híbridos simples en maíz. Los híbridos simples son los que resultan de la cruce de dos líneas de alta endogamia. Este fenómeno de la heterosis, cuyo mecanismo aún no está determinado, se expresaba también en el rendimiento de grano de maíz, muy superior al promedio nacional de los Estados Unidos de América, que se mantenía casi estable, en esa época, en alrededor de dos toneladas por hectárea con el uso de variedades de polinización libre.

Sin embargo, las primeras líneas endogámicas eran notablemente débiles y con rendimientos demasiado bajos, lo que encarecía el valor de la semilla híbrida a niveles que no hacían posible su producción comercial. No fue sino hasta 1928, cuando el científico estadounidense D.F. Jones propone el uso de híbridos dobles, que resultan de la cruce de dos híbridos simples. Esto abarató el costo de la semilla híbrida haciendo posible su producción comercial, poniéndola así al alcance de los productores, quienes rápidamente adoptaron los primeros híbridos dobles, extendiéndose su uso en toda la llamada faja maicera de los Estados Unidos de América en muy pocos años, y también en las principales zonas maiceras de muchos países. Estos hechos propiciaron la creación de un gran número de empresas privadas de producción de semilla híbrida de maíz, algunas de las cuales persisten hasta nuestros días, constituyendo empresas transnacionales de mucho éxito.

Con el tiempo, y como resultado de la investigación agraria, las líneas endogámicas llegaron a ser mucho más productivas y vigorosas haciendo posible la producción comercial de semilla F_1 de híbridos simples, que reemplazaron rápidamente a los híbridos dobles en el mercado mundial de semillas de maíz. Actualmente, la biotecnología aplicada a la agricultura ofrece nuevos híbridos con mejores rendimientos y características agronómicas, capaces de resistir enfermedades, plagas u otras condiciones adversas al cultivo (Levitus, 2006).

El programa de Maíz del Centro Internacional de Maíz y Trigo – CIMMYT, ha liberado un gran número de líneas parentales (CML o CIMMYT Maize Lines) en los últimos años y que están a libre disponibilidad de los programas nacionales, y del sector privado, siempre que sean solicitadas adecuadamente. Entre estas líneas esta la CML 297 (TSR SINT.AM.TSR-23-3-1-1-1-BB) que es la línea parental hembra del híbrido INIA 605 “Perú”, liberado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, en el año 2004.

Para iniciar un programa de producción de híbridos superiores y de alta calidad en maíz, se requiere de líneas parentales de probada eficiencia productiva y de amplia adaptabilidad. Por otro lado, para la producción de semilla de maíz es básico conocer las características genéticas de los progenitores, así como la interacción genotipo - ambiente, con el fin de obtener el mejor rendimiento y calidad de semilla al menor costo y con el uso eficiente de los insumos y recursos naturales (Ávila y otros, 2009).

Otros aspectos importantes son la pureza genética de los progenitores, el grado de dispersión del polen de los surcos “macho” sobre los surcos “hembra”, la siembra en fechas correctas de las líneas parentales para lograr la sincronía de la floración masculina y femenina, es decir, que la emergencia de los pistilos coincida con la liberación de polen, y por último un oportuno despanoje, es decir, la eliminación de la panoja de las líneas “hembra” (MacRobert y otros, 2015). Es trascendental entonces, que el híbrido resultante se adapte a las condiciones locales, y también, que tenga alta demanda comercial, que la calidad de la semilla sea superior a los estándares nacionales y que cuente con un alto poder germinativo (Admasu, 2014).

2.3. Despanoje

Por su propia definición, el despanoje es una práctica que consiste en la eliminación, mediante el corte o la extracción manual o mecánica, de la inflorescencia masculina de la línea parental hembra, con el fin de asegurar que reciba únicamente el polen de la línea parental masculina, previniendo las posibilidades de autopolinización de la línea hembra durante la producción de semilla híbrida de maíz (Barnes y Beard, 1992).

Como se sabe, para la producción de semilla híbrida, es importante distinguir en campo las plantas “hembras”, cuya única función será la de receptar el polen y desarrollar la semilla; y las plantas “macho” cuya función será la emisión de polen. Por ello, esta práctica involucra la extracción de

la inflorescencia masculina en las plantas “hembras” antes de que emitan polen, de tal modo que sus flores femeninas no sean polinizadas con polen de la misma planta, que es genéticamente idéntica.

Este método implica, ciertamente, un pequeño margen de error, por muchos factores, tales como: las condiciones climáticas que pueden desfavorecer el desplazamiento de los obreros en el campo, y además la fuerza con que se realiza la extracción de la panoja, que puede dañar la planta y ocasionar pérdida de hojas. A todo esto, se le agrega el corto tiempo disponible previo a la emisión de polen y la gran cantidad de trabajo que esto requiere. Por ello, como práctica común en los mayores países productores de semilla híbrida, se opta por el despanoje manual y con máquina, al mismo tiempo; sin embargo, esto no asegura la eficiencia del trabajo, pero podría disminuir dicho daño (Morris, 1998).

Según el CIMMYT (2015), es importante tomar en cuenta que:

- Se debe despanojar antes de la emisión de polen.
- El despanoje debe empezar cuando son visibles al menos 3 a 4 centímetros de panoja por sobre la hoja bandera.
- El proceso de despanoje suele tomar de 2 a 3 semanas, dependiendo del tamaño de la superficie cultivada, uniformidad y condiciones favorables para ejecutar la labor.
- Aproximadamente, seis personas pueden despanojar una hectárea por día, estando la eficiencia en función a la dificultad de las condiciones.

El despanoje mecanizado mejora significativamente el avance de despanoje por persona/día, sin embargo, no se reporta una mayor ventaja económica pues la maquinaria reduce su valor tras la labor. Además, en regiones bajo situaciones de lluvias copiosas, el trabajo con maquina presenta mayores dificultades. Cabe resaltar además que la eliminación de

área foliar producto de fallas en el proceso de despanoje, disminuiría los rendimientos en un 2 -3% (con una hoja defoliada) y en un 4 -6% (con dos hojas defoliadas) (Wallace y Bressman, 1949).

En Ames, Estados Unidos de América; Sangoi y Salvador (1998) sometieron a despanoje parcial y total a plantas de cuatro genotipos de maíz entre los años 1993 y 1994, en condiciones de bajas y altas densidades (25 000 – 75 000 plantas/ha) y bajo situaciones de estrés hídrico en la floración. El estudio logró determinar que el despanoje no aumentó significativamente el rendimiento en ninguno de los casos. Sin embargo, la defoliación como efecto indirecto del despanoje afectó negativamente el rendimiento.

Del mismo modo, en Ontario, Hunter y col. (1973) investigaron el efecto del despanoje (antes de la antesis) y la defoliación de hasta tres hojas. Los resultados mostraron un aumento de rendimiento de grano en un 6.9% en el tratamiento sólo despanojado; y, además, los tratamientos con una, dos y tres hojas exfoliadas, expresaron una reducción del 1.5, 4.9 y 13.5% del rendimiento respectivamente con respecto al tratamiento sólo despanojado.

Por otro lado, Azizi y Soleymani (2012) efectuaron una evaluación de materia seca a tratamientos despanojados antes y después de la antesis, y, que tuvieron hasta 3 hojas exfoliadas. El resultado mostró que la variable “materia seca de hojas” fue la que tuvo altas diferencias significativas entre tratamientos. Además, el tratamiento testigo (sin remoción de hojas ni despanoje), obtuvo los mayores rendimientos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo entre los meses de junio y diciembre de 2017 en el Fundo Campus II, de propiedad de la Universidad Privada Antenor Orrego, situado en la zona de Barraza, perteneciente al distrito de Laredo, valle Santa Catalina, provincia de Trujillo, región La Libertad. En la campaña anterior, el terreno estuvo sembrado también con maíz. El análisis de suelo mostró los siguientes valores: M.O: 1.88%; P: 56.12 ppm; K: 626.9 ppm; pH 1:1: 6.92; porcentaje de saturación: 39%; CE: 2.28 dS/m y CaCO₃: 3.5% (Meléndez, 2011).

Durante la siembra, la temperatura máxima fue de 22.8°C y la mínima, de 15.5°C. En setiembre, durante la floración, las temperaturas se mantuvieron entre 15.0°C y 20.1°C; mientras que, para cosecha, ascendió a una temperatura máxima de 26.1°C y mínima de 17.5°C.

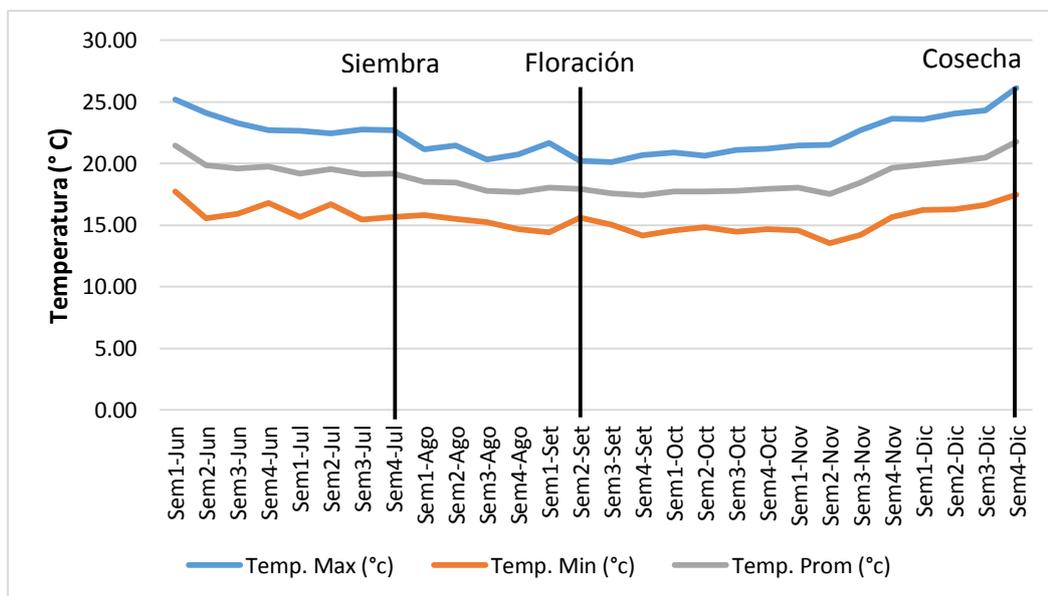


Figura 1. Temperatura máxima, mínima y promedio durante el ciclo vegetativo del cultivo.

Fuente: SENAMHI – Oficina de Estadística (2018).

La preparación de terreno se inició con un riego de remojo. Posteriormente, cuando el suelo estuvo en capacidad de campo, se procedió a roturarlo hasta una profundidad de 30 cm, mediante dos pasadas de rastra. Dos días después se surcó a una distancia entre surcos de 70 cm. La siembra se efectuó el 26 de julio del 2017 en forma manual, con palana, colocando dos semillas por golpe a un distanciamiento de 20 cm entre plantas y a una profundidad de 3 a 6 cm. El desahije se realizó a mano a los 15 días después de la emergencia, cuando la planta tenía una altura aproximada de 15 cm, dejando una planta por hoyo. El aporque se hizo en forma manual, con palana, a los treinta días después de la siembra.

Los niveles de fertilizante fueron de 240 – 100 – 140 de NPK, aplicándose a los siete días después de la emergencia un tercio del nitrógeno más todo el fósforo y potasio. Los dos tercios restantes de nitrógeno se aplicaron entre los estados V8 y V9. Además del riego de remojo, se hicieron riegos ligeros cada 10 a 20 días, dependiendo de las condiciones ambientales, y para ello se utilizaron acequias independientes para cada bloque. El campo se mantuvo libre de malezas, plagas y enfermedades, recurriendo a aplicaciones químicas cuando fue necesario. Inicialmente se presentaron gusanos de tierra (*Feltia* sp. y *Agrotis ípsilon*), cuya incidencia fue controlada con los riegos, y con pulverizaciones de Dorsan 48 EC (clorpirifos) a 400 ml/200 L de agua, a los 10 días después de la emergencia. Posteriormente se presentó el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), principal plaga del maíz en la zona, la cual se caracteriza por su daño en el cogollo de la planta y su rápida propagación. Fue controlado con pulverizaciones de los insecticidas Lasser 600 (metamidofos) y Proclaim 5 SG (emamectin benzoato) en dosis de 500 ml/200 L de agua y 150 g/ha respectivamente, en dos aplicaciones, a 27 y 40 días después de la siembra. Durante el desarrollo de las mazorcas, se observó presencia de gusano mazorquero (*Helicoverpa zea*), por lo cual se optó por aplicar aceite vegetal a los estigmas.

Las Unidades Experimentales estuvieron formadas por 3 surcos de 5 m de largo, distanciados a 0.70m entre ellos, ocupando cada una, una superficie de 10.5 m². La superficie de cada repetición fue de 84 m², por lo que la del experimento, excluyendo calles, fue de 336 m². Las evaluaciones, toma de datos y cosecha se realizaron en todos los surcos de cada unidad experimental.

El 26 de octubre del 2017, se realizó el despanoje y la defoliación de todas las plantas según los tratamientos en estudio. Además de la panoja se eliminaron sistemáticamente seis hojas, desde la primera hoja (hoja bandera), hasta la sexta hoja (hoja mazorca), dando lugar a 8 tratamientos, incluyendo a un testigo sin despanojar.

| | Código |
|--|---------------|
| 1. Testigo sin despanojar | T (T1) |
| 2. Eliminación de la panoja | P (T2) |
| 3. Eliminación de la panoja más una hoja | P+1 |
| 4. Eliminación de la panoja más dos hojas | P+2 |
| 5. Eliminación de la panoja más tres hojas | P+3 |
| 6. Eliminación de la panoja más cuatro hojas | P+4 |
| 7. Eliminación de la panoja más cinco hojas | P+5 |
| 8. Eliminación de la panoja más seis hojas | P+6 |

El diseño experimental empleado fue el de Bloques Completos al Azar (BCR) (Little and Hills, 1978) con 4 repeticiones. Luego del análisis de varianza, se utilizó la prueba de significación de Duncan con un nivel de probabilidad de 0.05, para determinar las diferencias estadísticas entre tratamientos. Asimismo, con las variables analizadas, se calcularon los valores de correlación y regresión, para establecer el grado de relación entre variables y cuantificar dicha relación.

La cosecha se ejecutó manualmente el 30 de diciembre del 2017, a los 157 días después de la siembra, tomando todos los surcos de cada parcela.

Las mazorcas recogidas fueron despancadas, contadas y pesadas. La muestra para determinar la humedad del grano se tomó desgranando dos hileras de 10 mazorcas, tomadas aleatoriamente de las unidades experimentales, de dos repeticiones; las muestras se pesaron y se llevaron a estufa a 80° C por 72 horas. También se tomaron 5 mazorcas al azar de cada unidad experimental de las repeticiones I y III, y se depositaron en bolsas debidamente identificadas; las cuales fueron secadas al ambiente hasta adquirir peso constante y efectuar, de este modo, las mediciones de mazorca.

Las variables registradas a la cosecha fueron:

1. **Número de plantas a la cosecha.** Se registró el número de plantas cosechadas en cada surco de las unidades experimentales.
2. **Número de mazorcas cosechadas.** Se registró el número de mazorcas cosechadas de cada surco, de las unidades experimentales.
3. **Peso de campo (kg/parcela).** Se pesaron las mazorcas despancadas en kilogramos, de cada unidad experimental.
4. **Humedad del grano (%).** Las muestras obtenidas se pesaron, se secaron en estufa hasta llevarlas a peso constante y luego se determinó el porcentaje de humedad del grano.

Las mediciones de la muestra de cinco mazorcas fueron:

1. **Longitud de mazorcas (cm).** Se registró en centímetros, el promedio de las longitudes de las 5 mazorcas. Se tomaron dos longitudes: Longitud A: de la base hasta el ápice, y Longitud B: de los granos en la base hasta los granos más distales.
2. **Número de hileras/mazorca.** Se contó el número de hileras de las 5 mazorcas y se registró el promedio.
3. **Número de granos/hilera.** Se contó el número de granos por hilera de las 5 mazorcas y se registró el promedio.

4. **Diámetro de mazorca (cm).** Se registró el promedio del diámetro de la parte media de las 5 mazorcas.
5. **Diámetro de tusa (cm).** Se registró el promedio del diámetro de la parte media de cada una de las tusas de las 5 mazorcas.
6. **Peso de grano y de tusa (g).** Se pesaron por separado los granos y las tusas de las 5 mazorcas.
7. **Peso de mazorca (g).** Se registró el peso de las 5 mazorcas cuando alcanzaron peso constante.
8. **Peso de 100 granos (g).** Se tomaron 100 granos al azar del total de granos de las 5 mazorcas y se registró el peso en balanza analítica de precisión.

Las variables calculadas fueron:

1. **Número de mazorcas/m².** Se calculó en función al número de mazorcas cosechadas con respecto a la superficie de cosecha.
2. **Número de granos/m².** Se calculó en función al número de hileras por mazorca con respecto al número de granos por hilera y el número de granos por metro cuadrado.
3. **Prolificidad.** Se calculó como el promedio de mazorcas/planta.
4. **Perímetro de grano (cm).** Se determinó multiplicando el diámetro de mazorca con el valor de pi. (π): 3.1416
5. **Longitud de grano (cm).** Se calculó como la media parte de la diferencia del diámetro de mazorca y el diámetro de tusa.
6. **Ancho de grano (cm).** Se determinó en base al perímetro de grano con relación al número de hileras por mazorca.
7. **Grosor de grano (cm).** Se calculó en base a la longitud B con relación al número de granos por hilera.
8. **Porcentaje de desgrane (%).** Se determinó en porcentaje, el peso del grano de las 5 mazorcas en relación al peso total de ellas.

9. Rendimiento de grano (t/ha). Se calculó ajustando el peso de campo al 14% de humedad y porcentaje de desgrane. El peso obtenido se refirió a toneladas por hectáreas de grano.

El análisis de varianza se realizó para todas las variables registradas, sin embargo, en el capítulo Resultados se presentan solamente aquellas relacionadas a los componentes de rendimiento, las cuales son:

1. Rendimiento de grano (t/ha).
2. Longitud de mazorca
3. Número de hileras por mazorca.
4. Número de granos por hilera.
5. Número de granos por metro cuadrado.
6. Diámetro de mazorca (mm).
7. Diámetro de tusa (mm).
8. Longitud de grano (mm).
9. Ancho de grano (mm).
10. Grosor de grano (mm).
11. Peso de 100 granos (g)

IV. RESULTADOS

4.1. Rendimiento de grano (t/ha)

El análisis de varianza para rendimiento de grano, ajustado al 14% de humedad, indicó que hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos estudiados (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 17.68%.

El tratamiento P (despanojado) fue el que alcanzó el rendimiento promedio más alto con 7.2 t/ha, seguido por el testigo (T), y los tratamientos P+2, y P+1, que lograron 6.69 t/ha, 6.69 t/ha y 6.59 t/ha, respectivamente, y sin diferencias estadísticas entre ellos, según la prueba de Duncan.

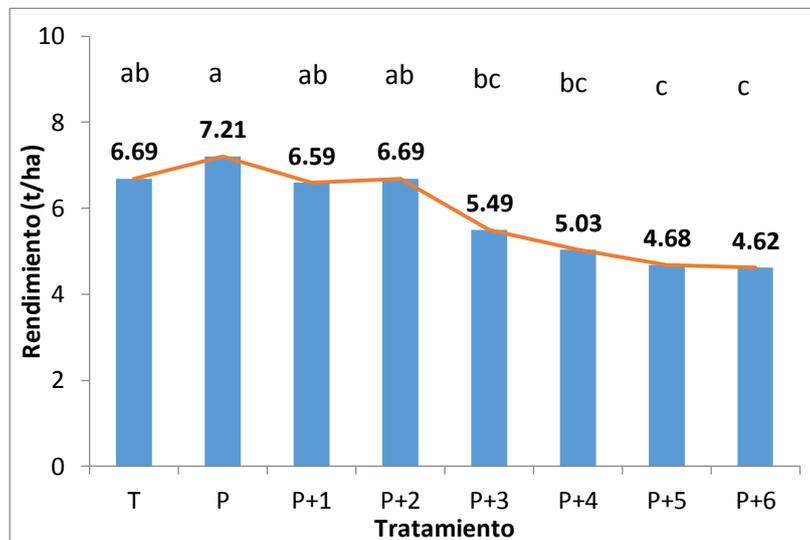
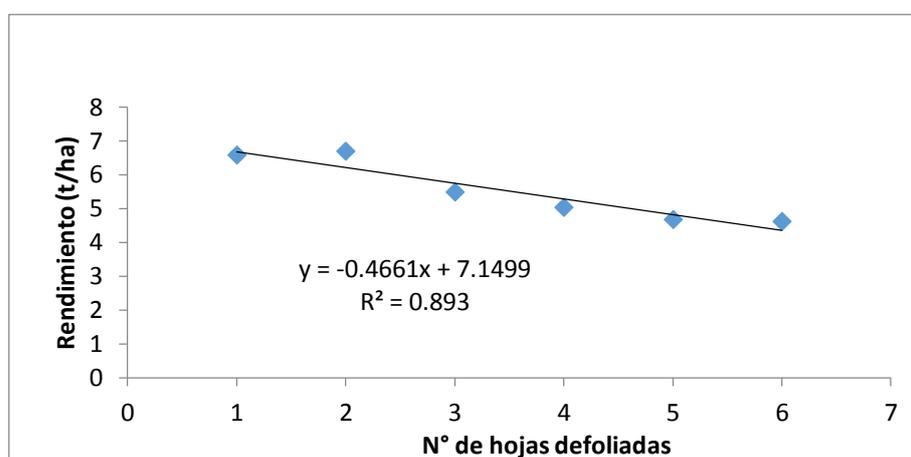


Figura 2. Efecto de la defoliación en el rendimiento de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro

Tampoco hubo diferencias entre los tratamientos T, P+1, P+2, P+3 y P+4; estos dos últimos rindieron 5.49 t/ha y 5.03 t/ha cada uno, y ambos fueron iguales estadísticamente a los tratamientos P+5 y P+6 que lograron

los rendimientos más bajos con 4.68 t/ha y 4.62 t/ha, sin diferencia estadística entre estos (Figura 2).

El coeficiente de correlación entre el número de hojas defoliadas y rendimiento fue significativo, $r = -0.945^*$, lo que indica una relación negativa y significativa (Anexo 3). El coeficiente de regresión fue negativo y significativo, $b = -0.466^*$, lo cual se interpreta, que el rendimiento de grano se redujo en promedio en 460 kg/ha por cada hoja eliminada. (Figura 3)



en maíz de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

4.2. Longitud de mazorca

El análisis de varianza para longitud de mazorca indicó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 4.85%.

El tratamiento T (testigo sin despanojar) fue el que alcanzó la mayor longitud de mazorca, con 15.6 cm, seguido por los tratamientos P+2, P+4, P, P+1, P+3, P+5 y P+6, que lograron 15.27 cm, 15.26 cm, 15.24 cm, 15.05 cm, 15.05 cm, 14.65 cm y 14.45 cm, respectivamente; sin embargo, el tratamiento T fue el que logró la mayor longitud de mazorca (Figura 4).

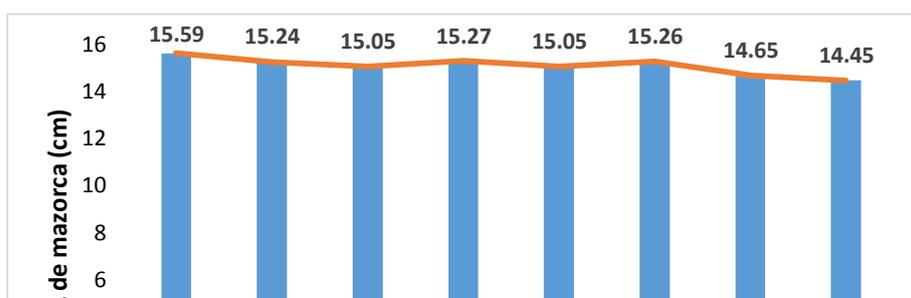


Figura 4. Efecto de la defoliación en la longitud de mazorcas por metro cuadrado de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

El coeficiente de correlación entre el número de hojas eliminadas y longitud de mazorca por metro cuadrado fue $r = -0.743$, lo que indica una relación negativa pero no significativa (Anexo 3). El coeficiente de regresión fue negativo y también significativo (90%), $b = -0.132^*$, lo que indica que la longitud de mazorcas se redujo en promedio en 1.32 milímetros por cada hoja eliminada (Figura 5).

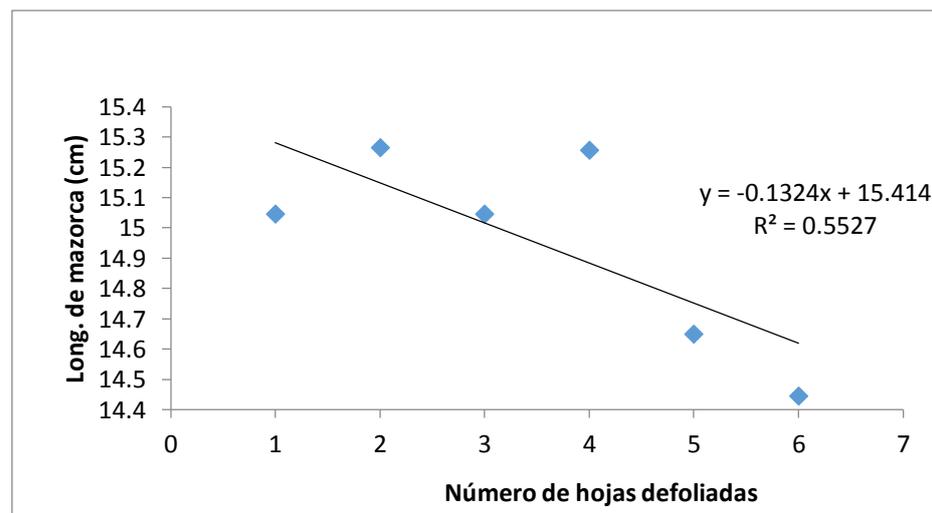


Figura 5. Regresión lineal de hojas defoliadas y la longitud de mazorca de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

4.3. Número de hileras por mazorca

El análisis de varianza para número de hileras por mazorca no detectó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 3.67%.

El tratamiento T (testigo sin despanojar) alcanzó el mayor número de hileras por mazorca (10.2 hileras), seguido por los tratamientos P+1 (10.1 hileras), P+3 (10.1 hileras), P+5 (10.1 hileras), P (9.9 hileras), P+2 (9.9 hileras), P+4 (9.9 hileras) y P+6 (9.7 hileras), tal como se aprecia en la Figura 6.

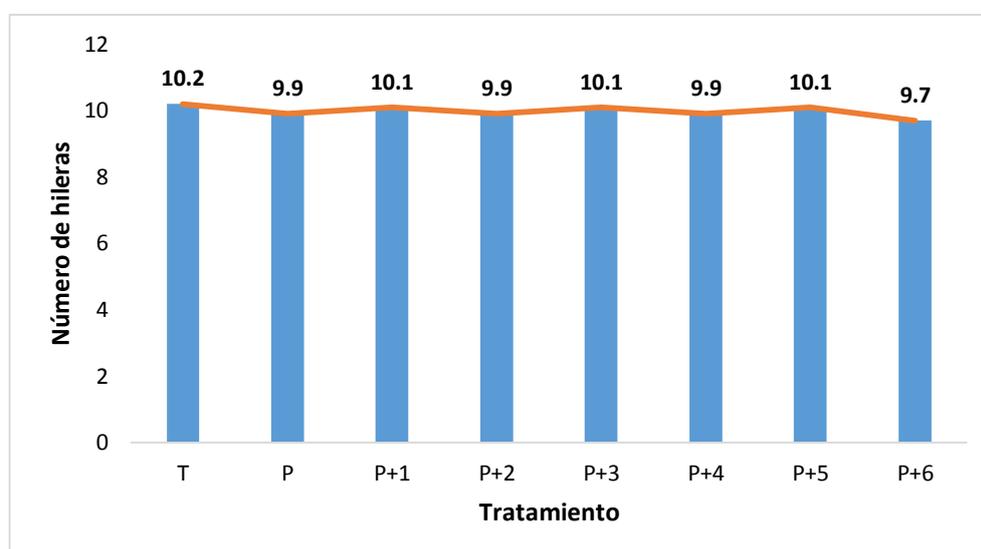


Figura 6. Efecto de la defoliación en el número de hileras por mazorca de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

El coeficiente de correlación entre el número de hojas eliminadas y el número de hileras por mazorca fue negativo, pero no significativo estadísticamente, con un valor de $r = -0.524$ (Anexo 3). El coeficiente de regresión fue negativo con un valor de $b = -0.046$, y tampoco fue estadísticamente significativo (Figura 7). Tal como se observa en la Figura 6, hubo una tendencia hacia una reducción en el número de mazorcas, a razón de 0.05 hileras por mazorca por cada hoja eliminada.

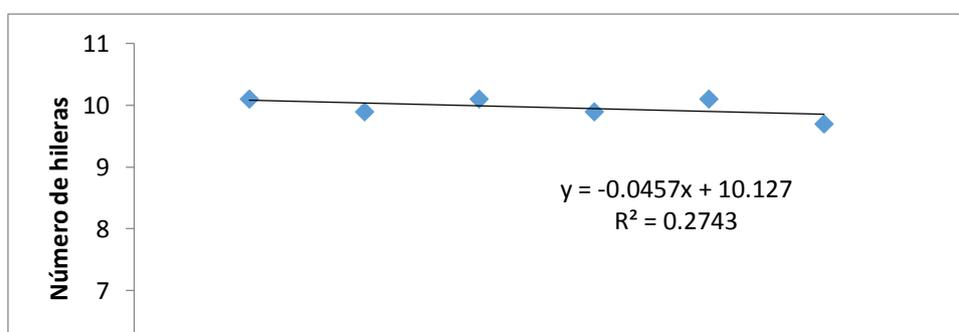


Figura 7. Regresión lineal entre hojas defoliadas y el número de hileras /mazorca de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

4.4. Número de granos por hilera

El análisis de varianza para número de granos por hilera por mazorca no encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 5.18%.

El tratamiento P+5 alcanzó el mayor número de granos por hilera, con 30.8 granos/hilera, y el valor más bajo fue 28.6 para el tratamiento P+4, lo que representa una reducción de 6.98%, sin que sea diferente estadísticamente (Figura 8).

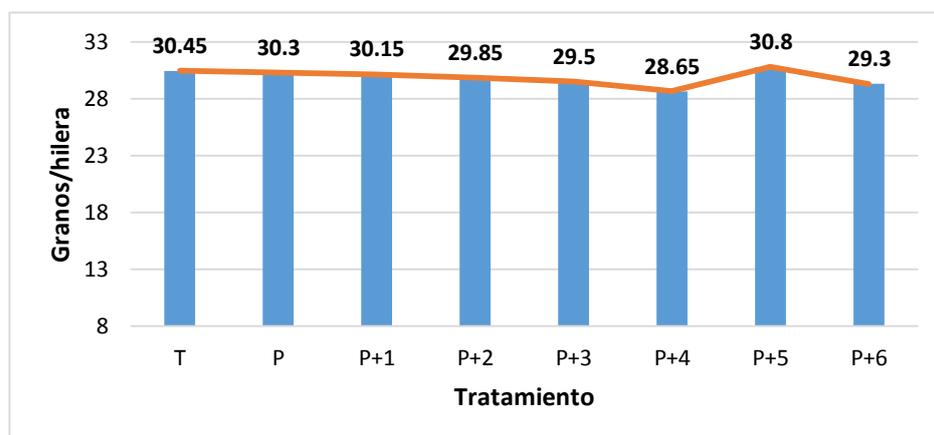


Figura 8. Efecto de la defoliación en el número de granos por hilera de la línea CML 297 de maíz amarillo duro

La relación entre el número de hojas defoliadas y el número de granos por hilera fue negativa, tal como lo evidencia el coeficiente de correlación que fue igual a $r = -0.868^*$, con una significación estadística al 95% (Anexo 3).

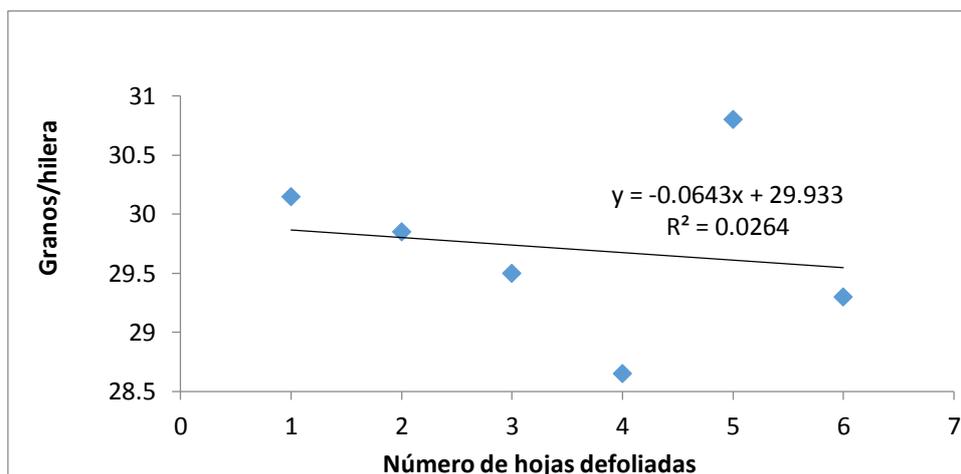


Figura 9. Regresión lineal entre hojas defoliadas y el número de granos por hilera de la línea CML 297 de maíz amarillo duro

Por otro lado, el coeficiente de regresión fue negativo, pero no significativo, $b = -0.064$, indicando que el número de granos por hilera se redujo en promedio en 0.06 granos por hilera por cada hoja eliminada (Figura 9)

4.5. Número de granos por metro cuadrado

El análisis de varianza para número de granos por metro cuadrado no encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 23.6%.

El tratamiento T (testigo) alcanzó el mayor número de granos por metro cuadrado, con 3069.82 granos/m², y el valor más bajo fue 1968.57 granos/m² para el tratamiento P+5, lo que representa una reducción de 35.9%, sin que sea diferente estadísticamente (Figura 10).

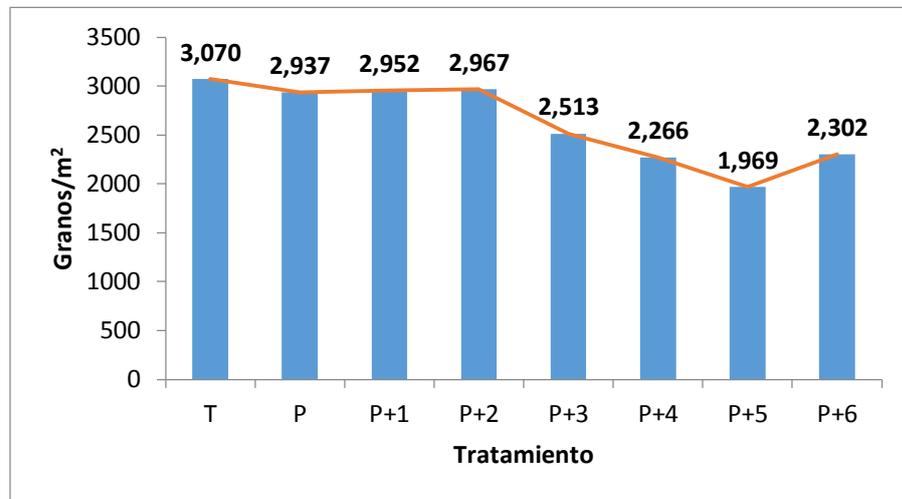


Figura 10. Efecto de la defoliación en el número de granos por metro cuadrado de la línea CML 297 de maíz amarillo duro

La relación entre el número de hojas defoliadas y el número de granos por hilera fue negativa, tal como lo evidencia el coeficiente de correlación que fue igual a $r = -0.868^*$, con una significación estadística al 95% (Anexo 3).

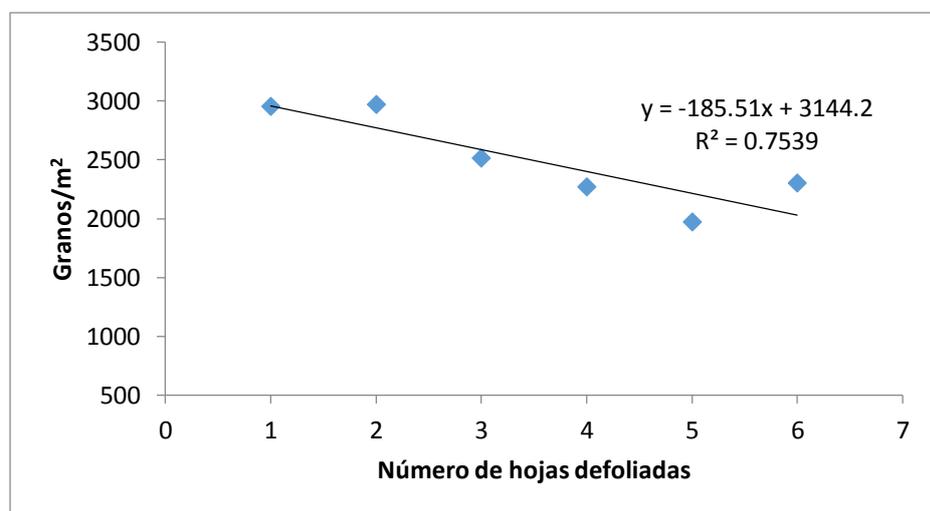


Figura 11. Regresión lineal entre hojas defoliadas y el número de granos por metro cuadrado de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

Por otro lado, el coeficiente de regresión fue negativo, pero significativo, $b = -185.5^*$, indicando que el número de granos por metro cuadrado se redujo en promedio en 185.5 granos por metro cuadrado por cada hoja eliminada (Figura 11).

4.6. Diámetro de mazorca

El análisis de varianza para diámetro de mazorca indicó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 2.78%.

El tratamiento P+1 fue el que alcanzó el diámetro de mazorca promedio más alto, con 40.29 mm, seguido por los tratamientos T, P, P+3, P+2, P+4 y P+5; que lograron 39.97 mm, 39.85 mm, 39.6 mm, 39.01 mm, 39.0 mm y 38.80 mm respectivamente.

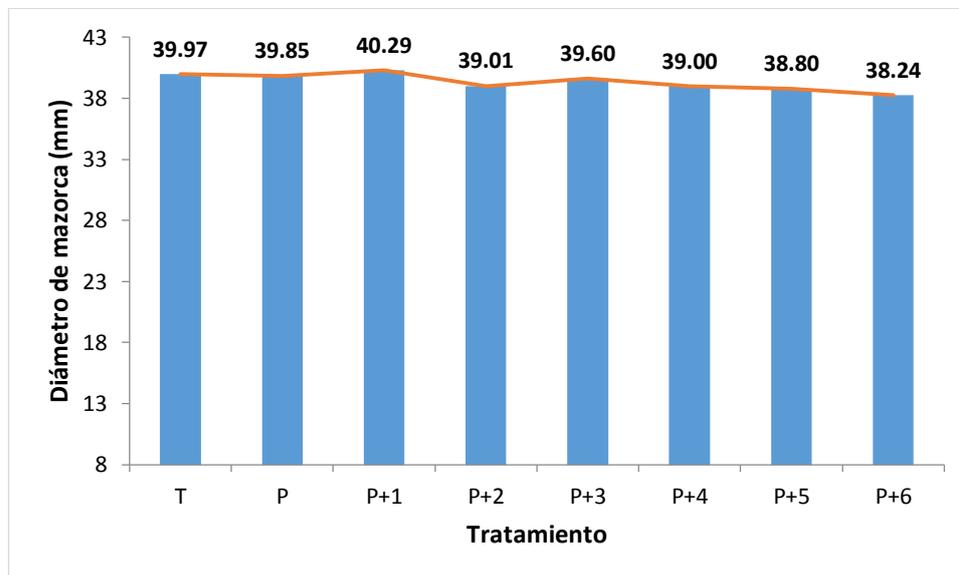


Figura 12. Efecto de la defoliación en el diámetro de mazorca de la línea CML 297 de maíz amarillo duro

El tratamiento P+6 con 38.24 mm fue el que tuvo el más bajo valor para esta característica (Figura 12).

Sin embargo, la relación entre el número de hojas eliminadas y el diámetro de mazorca, medida matemáticamente por el coeficiente de correlación, $r = -0.868^*$, indicando una relación negativa y significativa (Anexo 3). El coeficiente de regresión entre las hojas eliminadas y el diámetro de mazorca también fue significativo (95%), con un valor de $b = -0.3290^*$, lo que significa que, en promedio, el diámetro de la mazorca se reduce en 0.33 milímetros, por cada hoja removida (Figura 13).

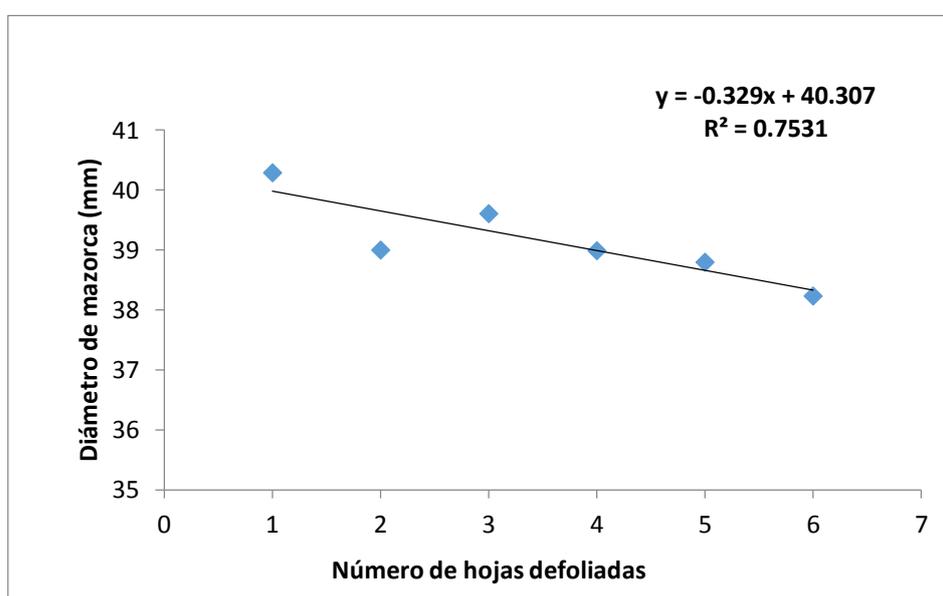


Figura 13. Regresión lineal entre hojas defoliadas y el diámetro de mazorca de la línea CML 297 de maíz amarillo duro

4.7. Diámetro de tusa

El análisis de varianza para diámetro de tusa no arrojó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 2.76%.

El tratamiento T alcanzó el mayor diámetro promedio de tusa, con 24.59 mm, seguido por los tratamientos P, P+1, P+4, P+2, P+5, P+3 y P+6; que lograron 24.5 mm, 24.26 mm, 24.09 mm, 24.02 mm, 23.81 mm, 23.80 mm y 23.63 mm respectivamente (Figura 14),

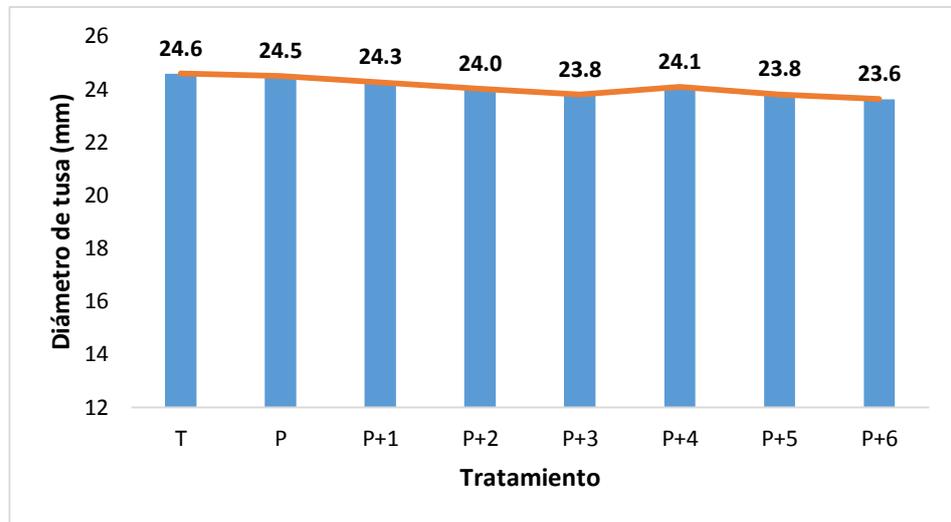


Figura 14. Efecto de la defoliación en el diámetro de tusa de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

El coeficiente de correlación entre el número de hojas eliminadas y el diámetro de tusa fue $r = -0.814^*$, mostrando una relación negativa y significativa (Anexo 3). Igualmente, el coeficiente de regresión entre las hojas eliminadas y esta característica fue $b = -0.0992^*$, lo cual indica que el diámetro de tusa se redujo en promedio, 0.1 mm por cada hoja eliminada (Figura 15).

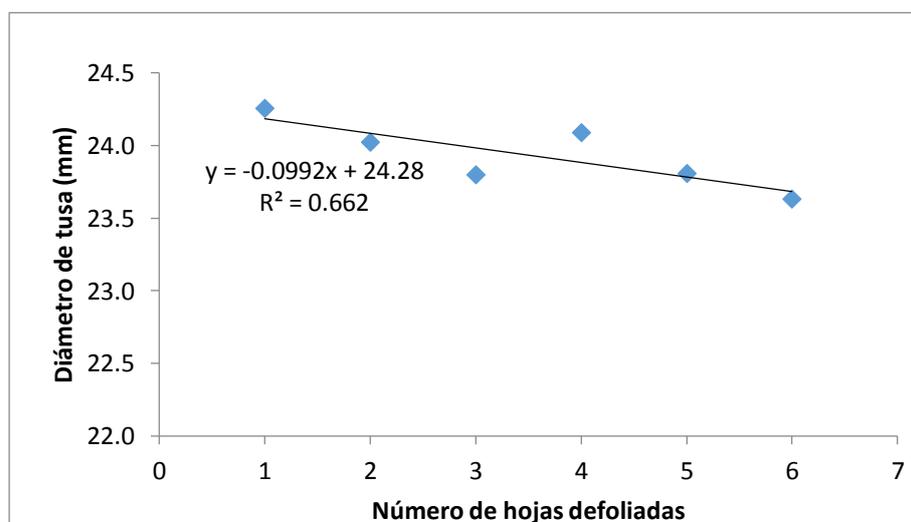


Figura 15. Regresión lineal entre hojas defoliadas y el diámetro de tusa de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

4.8. Longitud de grano

No hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para esta característica, según los resultados del análisis de varianza. (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 7.63%.

El tratamiento P+1 alcanzó la mayor longitud promedio de grano, con 8.02 mm, seguido por los tratamientos P+3, T, P, P+5, P+2, P+4 y P+6; que lograron 7.90 mm, 7.69 mm, 7.67 mm, 7.50 mm, 7.49 mm, 7.45 mm y 7.30mm respectivamente (Figura 16).

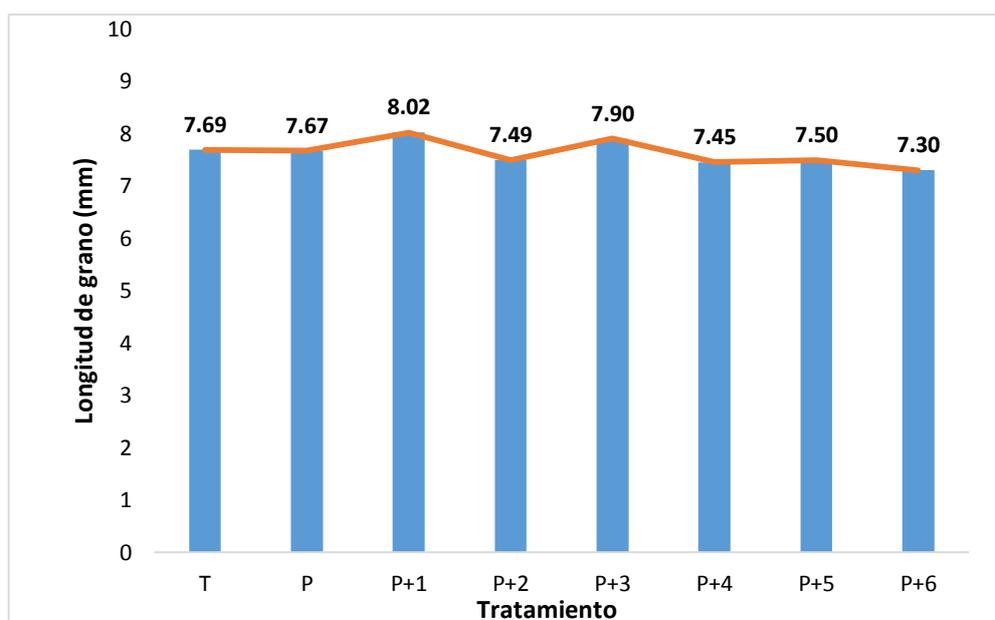


Figura 16. Efecto de la defoliación en la longitud de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro

El coeficiente de correlación entre el número de hojas eliminadas y la longitud de grano fue negativo y no significativo, $r = -0.761$ (Anexo 3).

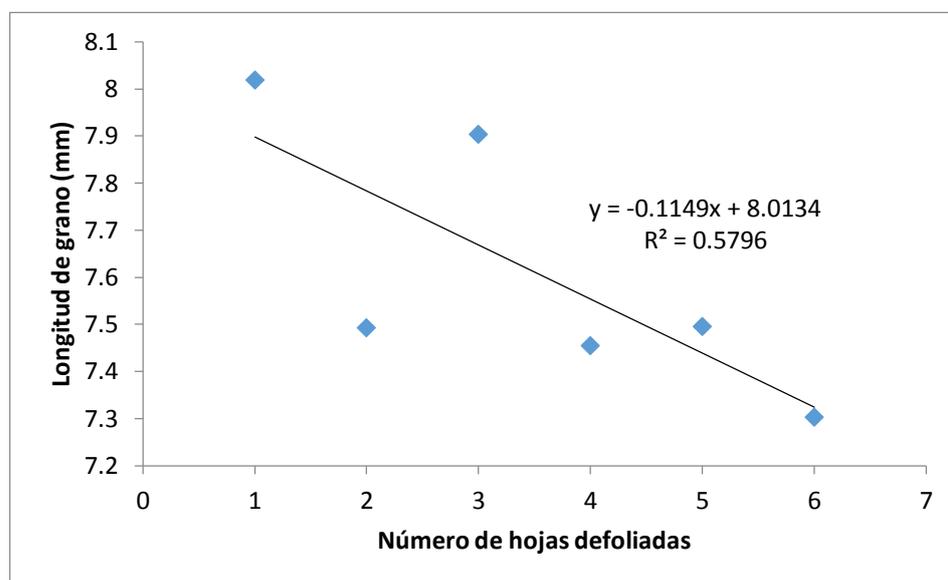


Figura 17. Regresión lineal entre hojas defoliadas y la longitud de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

El valor del coeficiente de regresión también fue negativo, y significativo (>90%), $b=-0.115^*$, sugiriendo que la longitud de grano se redujo en promedio en 0.115 mm promedio por cada hoja eliminada en este estudio (Figura 17).

4.9. Ancho de grano

El análisis de varianza para ancho de grano indicó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 3.67%.

El mayor ancho promedio de grano lo alcanzó el tratamiento P, con 12.65 mm, mientras que el menor valor fue 12.07 mm para el tratamiento P+5; esto es, una reducción de 4.58%. Los tratamientos P+1, P+2, P+6, P+4, P+3, y T lograron 12.55mm, 12.39 mm, 12.39 mm, 12.38 mm, 12.33mm, y 12.32 mm, respectivamente (Figura 18).

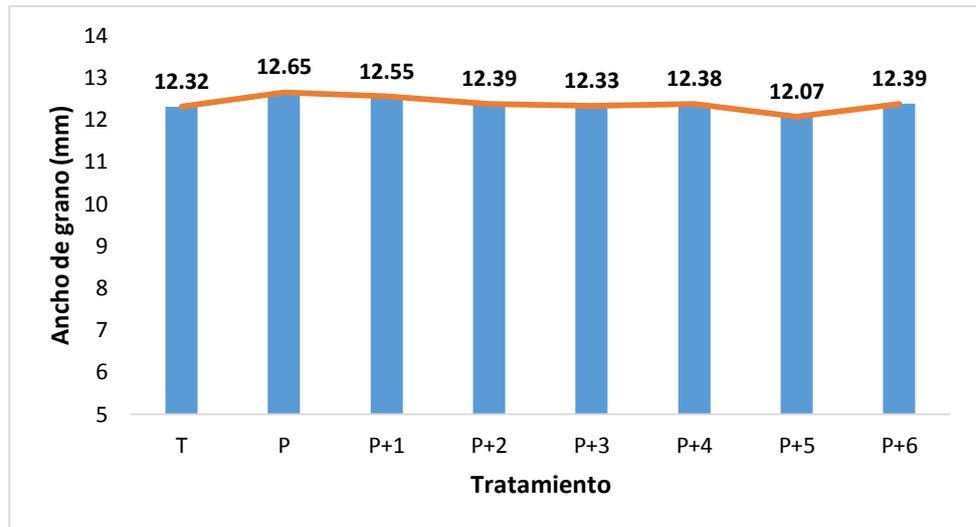


Figura 18. Efecto de la defoliación en el ancho de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

El coeficiente de correlación entre el número de hojas eliminadas y el ancho de grano fue $r = -0.594$, esto es, negativo y no significativo estadísticamente (Anexo 3). Igualmente, el coeficiente de regresión fue negativo y no significativo, $b = -0.0495$, indicando que el ancho de grano se redujo en promedio en 0.05 mm promedio por cada hoja eliminada en el estudio (Figura 19).

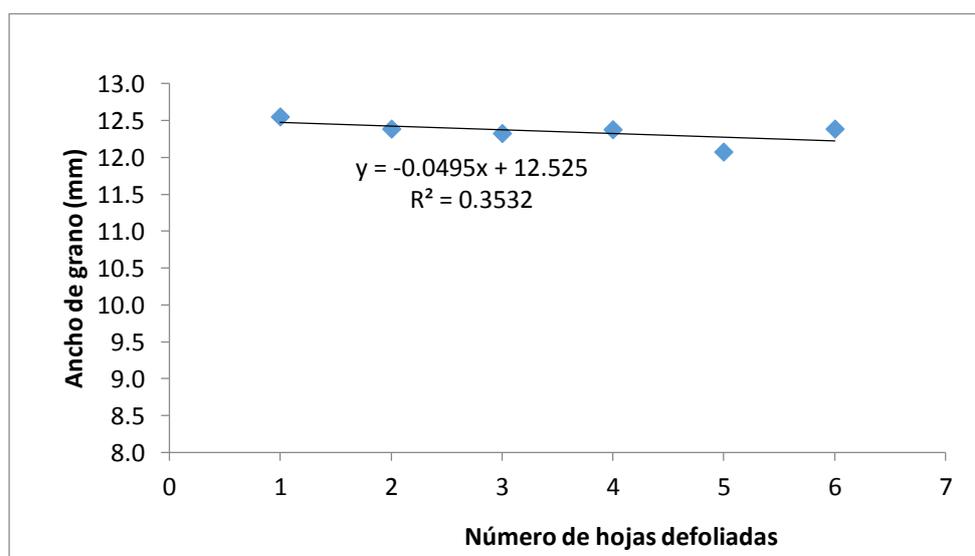


Figura 19. Regresión lineal entre hojas defoliadas y el ancho de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

4.10. Grosor de grano

El análisis de varianza para grosor de grano no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 4.19%.

El tratamiento P+4 alcanzó el mayor grosor promedio de grano, con 5.07 mm, seguido por los tratamientos P+3, T, P+2, P+1, P, P+6 y P+5; que lograron 4.94 mm, 4.91 mm, 4.91 mm, 4.83 mm, 4.79 mm, 4.76 mm y 4.66 mm respectivamente (Figura 20).

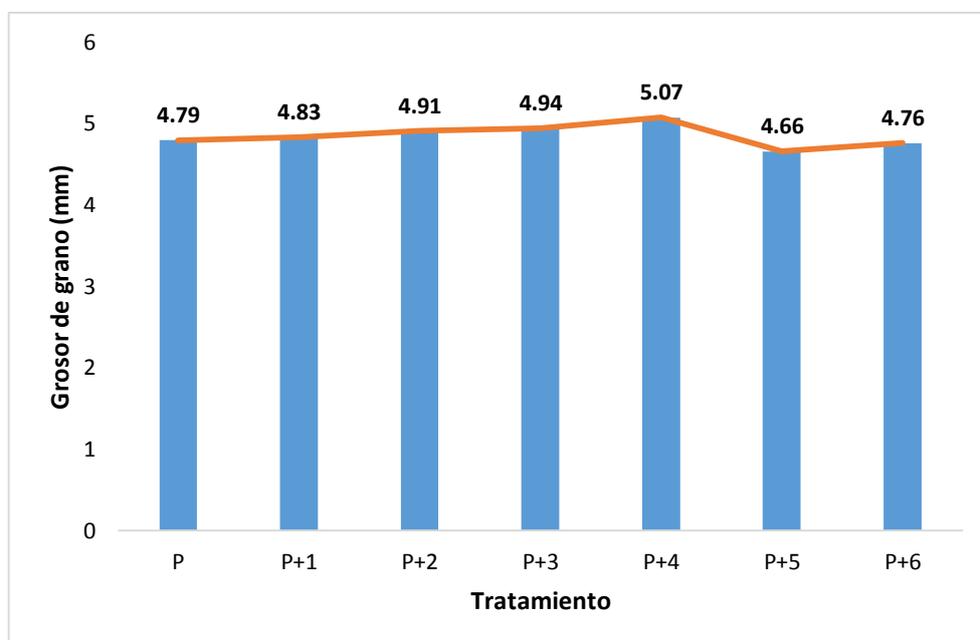


Figura 20. Efecto de la defoliación en el grosor de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

El coeficiente de correlación entre el número de hojas defoliadas y el ancho de grano indicó una relación negativa, pero no significativa entre ambas variables, $r = -0.360$ (Anexo 3). El coeficiente de regresión también fue negativo y no significativo, $b = -0.0277$, sugiriendo que, en este estudio, el grosor de grano se redujo en promedio en 0.03 mm por cada hoja eliminada (Figura 21).

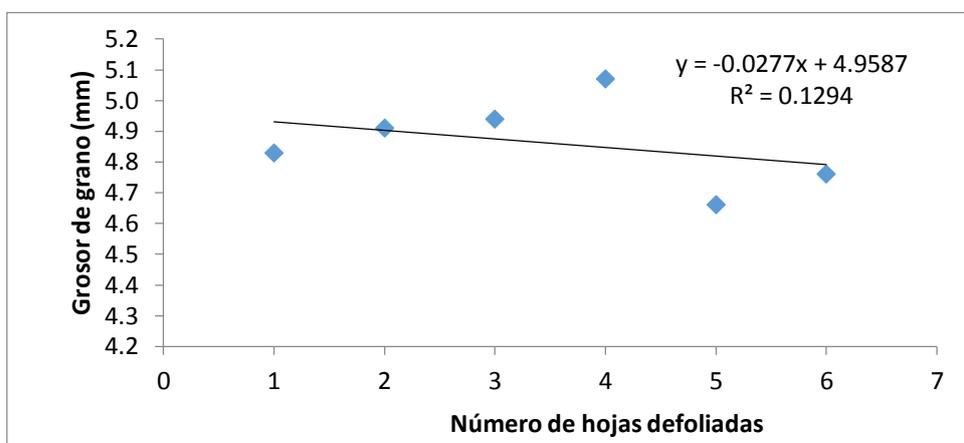


Figura 21. Regresión lineal entre hojas defoliadas y el grosor de grano de la línea CML 297 de maíz amarillo duro

4.11. Peso de 100 granos

El análisis de varianza para peso de 100 granos indicó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue de 6.01%.

El tratamiento T alcanzó el mayor peso promedio de 100 granos, con 35.27 g, seguido por los tratamientos P, P+3, P+2, P+4, P+1, P+5 y P+6; que lograron 34.03 g, 33.66 g, 33.41 g, 33.40 g, 32.64 g, 32.56 g y 32.18 g respectivamente (Figura 22).

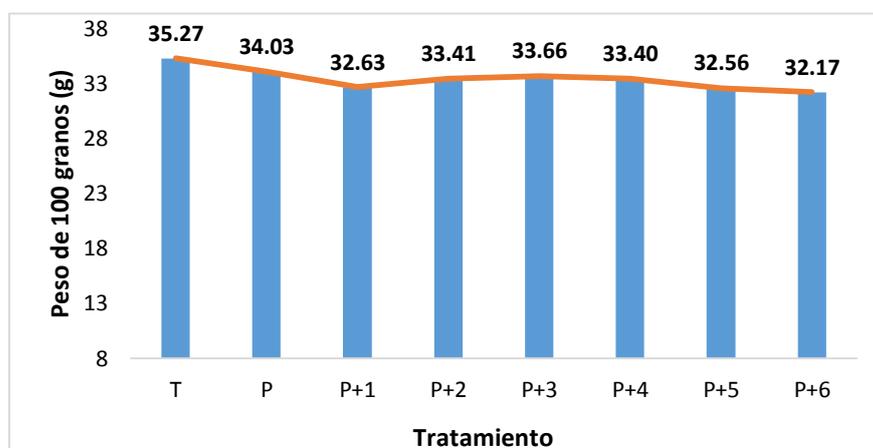


Figura 22. Efecto de la defoliación en el peso de 100 granos de la línea CML 297 de maíz amarillo duro.

El coeficiente de correlación entre el número de hojas eliminadas y el peso de 100 granos fue $r = -0.460$, reflejando una relación negativa y no significativa (Anexo 3).

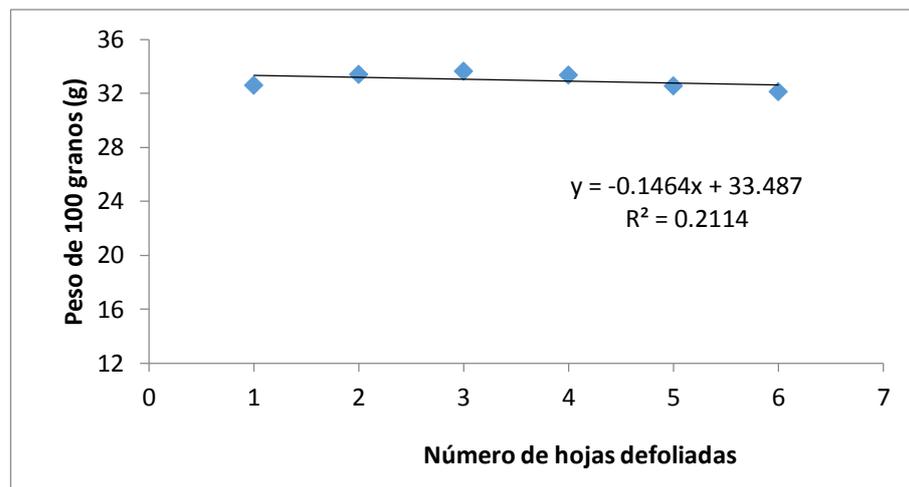


Figura 23. Regresión lineal entre hojas defoliadas y el peso de 100 granos de la línea CML 297 de maíz amarillo duro

El coeficiente de regresión también fue negativo y no significativo, $b = -0.1464$, indicando que, para las condiciones de este estudio, el peso de 100 semillas se redujo en promedio en 0.15 gramos por cada hoja eliminada (Figura 23)

V. DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo entre los meses de junio y diciembre del año 2017, período en el que la temperatura promedio en Trujillo estuvo en un rango entre 14° y 26° C (SENAMHI, 2017).

El análisis de variancia encontró diferencias altamente significativas únicamente para rendimiento de grano por hectárea y prolificidad de mazorcas mas no para el resto de variables analizadas, tal como se muestra en el Anexo 1.

Los rendimientos ajustados al 14% de humedad mostraron un promedio de 7.21 t/ha para el tratamiento que fue sólo despanojado, superando en un 7.5% al Testigo sin despanojar que tuvo 6.69 t/ha. Rendimientos superiores en un rango de 5-15% debido a despanoje también fueron informados por Hunter y col. (1969) en todos sus tratamientos de evaluación, quienes sostienen que esto fue debido, no sólo al mayor flujo de luz hacia las hojas sino también a la eliminación de la competencia entre la mazorca y la panoja por los nutrientes asimilados por la planta. Resultados similares obtuvieron Mashingdaize y col., quienes publicaron en el 2010, una diferencia de 11% entre despanoje y testigo absoluto en maíz. Mostert y Marais (1982) señalan que el despanoje suprime el efecto de sombra otorgado por la panoja; y con ello, promueve mayor cantidad de luz a las hojas para una producción más eficiente de materia seca.

El tratamiento con seis hojas superiores eliminadas, incluyendo a la hoja mazorca, fue el que obtuvo el menor rendimiento, con 4.62 t/ha, lo cual significó una reducción del 30.9% de rendimiento con respecto al testigo sin despanojar y 35.9% en relación al tratamiento Despanojado. Niveles productivos similares fueron reportados en el cultivar SC704 por Barimavandi y col. (2010), en cuya investigación alcanzaron rendimientos

de 9.44 t/ha en un tratamiento de hojas defoliadas hasta la mazorca, frente a un rendimiento de 12.72 t/ha como testigo, mostrando una reducción del 25.7%. Asimismo, Jalilian y Delkhoshi (2013) publicaron, en el mismo cultivar, que se lograron rendimientos de 6.77 t/ha para un tratamiento de remoción de hojas superiores a la hoja mazorca, frente a un testigo sin remoción de 8.77 t/ha.

Los resultados mostraron, además, a través de la prueba de comparación de medias, que no existe diferencias estadísticas entre el tratamiento testigo sin despanojar (T,) y los tratamientos en los que se eliminó la panoja únicamente (P), y las dos primeras hojas (P+1 y P+2), para rendimiento. Esto coincide con lo informado por Hugo y Tobaru (2015) en la Universidad Nacional Agraria La Molina, quienes argumentaron que esto se podría explicar cómo una poca repercusión de la extracción de la hoja bandera (junto con la panoja) para el rendimiento debido a la poca área foliar de la misma.

El despanoje y defoliación total redujo en un 8% la longitud de mazorcas con respecto al testigo. Asimismo, el número de granos por hilera se redujo en un 4.1% con respecto al testigo. Tollenaar y Daynard (1978) plantean que la consecuencia directa de la reducción de la fotosíntesis en maíz se ve reflejada en el número de granos por mazorca. Barimavandi y col. (2010) y Heidari (2013) reportaron la reducción en el número de hileras por mazorca y en el número de granos por hilera ante una defoliación total. En el presente experimento ambos parámetros también fueron menores en el tratamiento defoliado hasta la hoja mazorca, frente al testigo sin despanojar; pudiéndose entender que estos parámetros afectan de manera importante a los rendimientos alcanzados. Según Dhopte (1984), la reducción de número de granos es resultado de la reducción del número parcial de primordios florales o de la pobre polinización debido a la dicogamia, lo cual sin embargo no parece ser el caso en este estudio.

La pérdida de hojas por remoción no afectó significativamente a las variables que constituyen componentes de rendimiento, sin embargo, en ellas se observa una respuesta de tendencia negativa con respecto a las hojas eliminadas.

Con respecto al resto de variables, se encontró una correlación negativa y significativa al 95%, entre la defoliación (solo hojas removidas) y rendimiento (-0.945*), granos por hilera (-0.868), perímetro de mazorca (-0.868*), diámetro de mazorca (-0.868*), y diámetro de tusa (-0.814*); con el resto de variables todos los valores de las correlaciones fueron negativas (Anexo 3). Lo mismo, la correlación entre rendimiento de grano fue positiva y significativa con mazorcas por metro cuadrado (0.889*), y granos por metro cuadrado (0.958**), siendo negativa y no significativa con número de granos por hilera (-0.162).

Por otro lado, los coeficientes de regresión entre las hojas defoliadas y todas las variables analizadas fueron negativos, y significativos solo con rendimiento (-4661*), granos por metro cuadrado (-185.5*), perímetro de mazorca (-1.0335*), diámetro de mazorca (-0.3290*), diámetro de tusa (-0.0992*) (Anexo 4).

VI. CONCLUSIONES

La remoción de la panoja incrementó el rendimiento con respecto al testigo sin despanojar en 7.5%.

La eliminación de las hojas, hasta la hoja mazorca, redujo el rendimiento de grano de la línea endogámica en 30.9% con respecto al testigo sin despanojar y 35.9% en relación al tratamiento despanojado.

La pérdida de rendimiento atribuible a la eliminación de las hojas fue, en promedio, de 460 kg/ha por hoja removida.

La relación entre la pérdida de hojas y las variables estudiadas fueron negativas, tal como lo muestran los valores de los coeficientes de correlación, aunque solo fueron significativos estadísticamente con rendimiento de grano, granos por hilera, granos por metro cuadrado y diámetro de mazorca y tusa.

Los valores de los coeficientes de regresión entre hojas eliminadas y todas las variables estudiadas fueron negativos, siendo significativos estadísticamente para rendimiento de grano (t/ha), granos por metro cuadrado, y diámetros de mazorca y tusa.

VII. RECOMENDACIONES

Considerar la realización de estudios similares en otras líneas parentales de híbridos comerciales que se producen en el Perú, incluyendo cruza simples utilizadas como hembra en la producción de semilla de híbridos triples, y desarrollar recomendaciones pertinentes para un mejor manejo y la obtención de máximos rendimientos de semilla híbrida.

Propiciar la realización de estudios similares en cultivares tanto híbridos como de polinización libre, para establecer hasta qué porcentaje de panojas y de hojas (especialmente de hojas por debajo de la hoja mazorca), pueden ser removidas, y en qué momento, sin que se afecte la polinización correcta al momento de la floración, y el rendimiento de grano, respectivamente. De esta manera se podrían desarrollar recomendaciones prácticas a los pequeños y medianos agricultores para obtener forraje de alta calidad para la ganadería familiar a la vez que elevan o mantienen la productividad del cultivo.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Admasu, M. 2014. Hybrid Maize Seed Production Procedures. Pages: 4-38. In: Hybrid Maize Seed Production Manual. Eds. Ethiopian Seed Association. 121p.
2. Azizi S. y A. Soleymani. 2012. Effect of removal of top leaves and tassel before and after anthesis on yield components of corn (KSC 540). In: Research on Crops, 13(3): 857-860.
3. Ávila, M.A., J.L. Arellano, J. Virgen, A.J. Gámez, y A. María. 2009. H-52 Híbrido de maíz para Valles Altos de la Mesa Central de México. Agric. Téc. Méx., 35: 237-240.
4. Barnes, R. F. y Beard, J. B. 1992. Glossary of Crop Science Terms. ACSESS Publications.
5. Barimavandi, A.R, Sedaghatoor, S. y Ansari R. 2010. Effect of Different Defoliation Treatments on Yield and Yield Components in maize (*Zea mays* L.) Cultivar of S.C 704. Australian Journal of Crop Science, 4(1): 9-15.
6. Bonavia, D. 2013. Maize Origin, Domestication, and its Role in the Development of Culture. 2nd Edition. Ed. Cambridge University Press. 332pp.
7. Carson, A. 2013. Corn Detasseling: Understanding the Basics. Recuperado de: <https://davesgarden.com/guides/articles/view/4341#b>.
8. Debouck, D., Ebert, A., Peralta, E, Barandiarán M.A. y Ramírez M. 2008. La importancia de la utilización de la diversidad genética vegetal

en los programas de investigación agrícola en América Latina. Recursos Naturales y Ambiente, 53: 46-53.

9. Dhopte, A.M. 1984. Effect of simulated damage done to maize plants by voedeer (caprolus). Field Crops Res Abst, 37:111-114.).
10. Guerrero, A. 1999. Cultivos Herbáceos Extensivos. 3era Edición. 831pp.
11. Hallauer, A. R. y Miranda, J. B. 1981. Quantitative genetics in maize breeding.1st ed. Ames, IA, USA, Iowa State University Press.
12. Heidari, H. 2013. Yield, Yield Components and Seed Germination of Maize (*Zea mays* L.) at Different Defoliation and Tassel Removal Treatments. Phillipp. Agric. Scientist, 96: 42-47.
13. Hugo, E. y Tobaru, J. 2015. Efecto de diferentes formas de emasculación en el rendimiento de maíz amarillo (*Zea mays* L.). Anales Científicos - Universidad Nacional Agraria La Molina, 77(2): 233-237.
14. Hunter, R. B., Daynard, T. B., Hume, D. J., Tanner, J. W., Curtis, J. D. and Kannenberg, L. W. 1969. Effect of Tassel Removal on Grain Yield of Corn (*Zea mays* L.). CropScience. 9 (4): 405-406.
15. Hunter, R. B., Mortimore, C. G. and L. W. Kannenberg. 1973. Inbred Maize Performance Following Tassel and Leaf Removal 1. Agronomy Journal. 65: 471-472.
16. Injante, P. y Joyo, G. 2010. Guía Técnica Curso – Taller Manejo Integrado de Maíz Amarillo Duro. 1era Edición. Ed. Extensión y Proyección Social UNALM. 42pp.

17. Jalilian, J. y Delkhoshi, H. 2013. How much, leaves near the ear contribute on yield and yield components of maize? *Cercetari Agronomice in Moldova*, 47: 5-12.
18. Levitus, G. 2006. Biotecnología y maíz. *Maíz y Nutrición*, 2: 73-80.
19. Little, T. M. and Hills, F. J. 1978. *Agricultural Experimentation: Design and Analysis*. Wiley. New York.
20. MacRobert, J. F., Setimela, P., Gethi, J. y Worku, M. 2015. *Manual de producción de semilla de maíz híbrido - CIMMYT*. 36pp.
21. Mashingaidze, A. B., van der Werf, W., Lotz, L. A. P., Mudita. I., Nyakanda. C. and Kropff, M. J. 2010. Leaf stripping and detasseling increase ear growth rate and maize grain yield. *The 5th Jomo Kenyatta University of Science and Technology Conference Book of Abstracts*, 1: 820-833.
22. Meléndez, S. 2011. Efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada en la producción y calidad del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) para encurtidos Cv. Marketnore – 76. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad privada Antenor Orrego Facultad de Ciencias Agrarias.
23. MINAGRI, 2018. Boletín Estadístico Mensual “El Agro en Cifras” Mes: Diciembre 2018.148pp
24. Morris, M. L. 1998. *Maize Seed Industries in Developing Countries*. 115pp.
25. Mostert, A. J. and Marais, J. N. 1982. The effects of detasseling on the yield of irrigated maize. *Crop Production/Gewasproduksie*, 11: 163-167.

26. Office of the Gene Technology Regulator. 2008. The Biology of Zea mays L. ssp mays (maize or corn). 1st Edition. Ed. Department of Health and Ageing. 81pp.
27. Paliwal, R., Granados, G., Lafitte H. y Violic A. 2001. El Maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y protección vegetal, 28: 330-350.
28. Ramírez, L. 2006. Mejora de Plantas Alógamas. 1era. Edición. Ed. Dpto. de Producción Agraria. 34pp.
29. Sangoi, L., R. J. Salvador. 1998. Effect of maize plant detasseling on grain yield, tolerance to high plant density and drought stress. In: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33 (5):677 - 684
30. SENAMHI. 2017. Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=boletin-agro>.
31. SENAMHI. 2018. Estación Meteorológica Trujillo. Recuperado de: <http://www.agrolalibertad.gob.pe/?q=node/1528>.
32. Shull, G. H. 1909. A pure line method of corn breeding. Am. Breeders' Assoc. Rep, 5: 51-59.
33. Tapia, M. y Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima-Perú. 209 p.
34. Tollenaar M, Daynard T.B. 1978. Grain growth and development, reproductive development in maize: a review. Maydica, 22: 57-59.
35. Wallace, H. A y Bressman E. N. 1949. Corn and corn growing. 5th Edition. Estados Unidos. 440pp.
36. Wilkes H.G. y Goodman M.M. 1995. Mystery and missing links: The origin of maize. In: Maize Genetic Resources. CIMMYT, México.

Anexo 1. Tabla de cuadrados medios de las características estudiadas y su significación estadística.

| FUENTES DE VARIACION | GL | Rdto. | Prolif. | Mz/m ² | LonMz | Hil/mz | Gr/Hil | Gr/m ² | 100sem | PerMz | DiamMz | DiamTus | LonGr | AnchGr | GrosGr |
|----------------------|----|--------|---------|-------------------|-------|--------|--------|-------------------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|--------|
| Repeticiones | 3 | 3.94* | 0.12** | 2.95 | 1.46 | 0.03 | 6.27 | 356069.74 | 7.04 | 4.65 | 0.47 | 0.27 | 0.04 | 0.17 | 0.001 |
| Tratamientos | 7 | 4.26** | 0.06** | 6.70 | 0.54 | 0.11 | 1.95 | 683027.10 | 3.86 | 19.00 | 1.93 | 0.47 | 0.23 | 0.12 | 0.001 |
| Error | 21 | 1.08 | 0.01 | 3.74 | 0.53 | 0.13 | 2.40 | 383668.85 | 4.03 | 11.84 | 1.20 | 0.44 | 0.18 | 0.21 | 0.00 |
| C.V. | | 17.68 | 7.50 | 22.07 | 4.85 | 3.67 | 5.18 | 23.62 | 6.01 | 2.78 | 2.78 | 2.77 | 2.08 | 3.67 | 4.19 |

Rdto: Rendimiento de grano (t/ha)

Prolif: Prolificidad

Mz/m²: Mazorcas por m²

LonMz: Longitud de mazorca (cm)

Hil/mz: Hileras por m²

Gr/Hil: Granos por hilera

Gr/m²: Granos por m²

100sem: Peso 100 semillas (g)

PerMz: Perímetro de mazorca (mm)

DiamMaz: Diámetro de mazorca (mm)

DiamTus: Diámetro de tusa (mm)

LonGr: Longitud de grano (mm)

AnchGr: Ancho de grano (mm)

GrosGr: Grosor de grano (mm)

Anexo 2. Tabla de valores promedio de las variables estudiadas según tratamientos

| Tratamiento | Rdto (t/ha) | Prolif | Mz/m ² | LonMz (cm) | Hil/mz | Gr/Hil | Gr/m ² | 100sem (g) | PerMz (mm) | DiamMz (mm) | DiamTus (mm) | LonGr (mm) | AnchGr (mm) | GrosGr (mm) |
|---------------------|-----------------------------|--------|-------------------|---------------|---------------------|---------------------------|-------------------|---------------|--------------------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|----------------|
| T (T1) | 6.69 | 1.54 | 9.93 | 15.59 | 10.20 | 30.45 | 3069.82 | 35.27 | 125.56 | 39.97 | 24.59 | 7.69 | 12.32 | 0.49 |
| P (T2) | 7.21 | 1.58 | 9.79 | 15.24 | 9.90 | 30.30 | 2936.76 | 34.03 | 125.18 | 39.85 | 24.50 | 7.67 | 12.65 | 0.48 |
| P+1 | 6.59 | 1.52 | 9.55 | 15.05 | 10.10 | 30.15 | 2952.23 | 32.64 | 126.58 | 40.29 | 24.25 | 8.02 | 12.55 | 0.48 |
| P+2 | 6.69 | 1.63 | 10.05 | 15.27 | 9.90 | 29.85 | 2967.08 | 33.42 | 122.54 | 39.01 | 24.02 | 7.49 | 12.39 | 0.49 |
| P+3 | 5.49 | 1.51 | 8.43 | 15.05 | 10.10 | 29.50 | 2513.28 | 33.66 | 124.42 | 39.60 | 23.80 | 7.90 | 12.33 | 0.49 |
| P+4 | 5.03 | 1.49 | 7.90 | 15.26 | 9.90 | 28.65 | 2266.43 | 33.40 | 122.51 | 39.00 | 24.09 | 7.45 | 12.38 | 0.51 |
| P+5 | 4.68 | 1.34 | 6.36 | 14.65 | 10.10 | 30.80 | 1968.57 | 32.56 | 121.88 | 38.80 | 23.81 | 7.50 | 12.07 | 0.47 |
| P+6 | 4.62 | 1.24 | 8.12 | 14.45 | 9.70 | 29.30 | 2302.12 | 32.18 | 120.13 | 38.24 | 23.63 | 7.30 | 12.39 | 0.48 |
| Promedio | 5.88 | 1.48 | 8.76 | 15.07 | 9.99 | 29.88 | 2622.04 | 33.39 | 123.60 | 39.34 | 24.09 | 7.63 | 12.38 | 0.49 |
| DMS (5%) | 1.53 | 0.16 | 2.85 | 1.07 | 0.54 | 2.28 | 911.02 | 2.95 | 5.06 | 1.61 | 0.98 | 0.62 | 0.67 | 0.03 |
| Rdto: | Rendimiento de grano (t/ha) | | | | Gr/Hil: | Granos por hilera | | DiamMz | Diámetro de mazorca (mm) | | | | | |
| Prolif: | Prolificidad | | | | Gr/m ² : | Granos por m ² | | DiamTus: | Diámetro de tusa (mm) | | | | | |
| Mz/m ² : | Mazorcas por m ² | | | | 100sem: | Peso de 100 | | LonGr: | Longitud de grano (mm) | | | | | |
| LonMz: | Longitud de mazorca (cm) | | | | | semillas | | AnchGr: | Ancho de grano (mm) | | | | | |
| Hil/mz: | Hileras por m ² | | | | PerMz: | Perímetro de mazorca (mm) | | GrosGr: | Grosor de grano (mm) | | | | | |

Anexo 3. Tabla de coeficientes de regresión (b) entre número de hojas defoliadas y las variables en estudio

| | Rdto | Mz/m2 | LonMz | Hil/mz | Gr/Hil | Gr/m2 | PerMz | DiamMz | DiamTus | LonGr. | AnchGr. | GrosGr | 100sem |
|-------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|--------|---------|
| Defoliacion | -0.4661* | -0.5354 | -0.1324 | -0.0457 | -0.0643 | -185.5* | -1.0335* | -0.3290* | -0.0992* | -0.1149 | -0.0495 | -0.028 | -0.1464 |

Anexo 4. Tabla de coeficientes de correlación (r) entre número de hojas defoliadas y las variables en estudio

| | Rdto | Mz/m2 | LonMz | Hil/mz | Gr/Hil | Gr/m2 | PerMz. | DiamMz. | DiamTus | LonGr | AnchGr. | GrosGr | 100sem |
|-------------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Defoliacion | -0.945* | -0.767 | -0.743 | -0.524 | -0.868* | -0.868* | -0.868* | -0.868* | -0.814* | -0.761 | -0.594 | -0.360 | -0.460 |
| | Rdto | 0.889* | 0.665 | 0.293 | -0.162 | 0.958** | 0.682 | 0.682 | 0.715 | 0.567 | 0.622 | 0.269 | 0.359 |
| | | Mz/m2 | 0.567 | -0.110 | -0.177 | 0.975** | 0.462 | 0.462 | 0.521 | 0.370 | 0.818* | 0.407 | 0.312 |
| | | | LonMz. | 0.289 | -0.306 | 0.570 | 0.530 | 0.530 | 0.744 | 0.365 | 0.395 | -0.091 | 0.837* |
| | | | | Hil/mz | 0.574 | 0.088 | 0.741 | 0.741 | 0.389 | 0.774 | -0.204 | -0.091 | 0.301 |
| | | | | | Gr/Hil | 0.007 | 0.206 | 0.206 | 0.006 | 0.256 | -0.426 | -0.792 | -0.367 |
| | | | | | | Gr/m2 | 0.607 | 0.607 | 0.605 | 0.518 | 0.777 | 0.305 | 0.285 |
| | | | | | | | PerMz. | 1*** | 0.730 | 0.961** | 0.506 | 0.243 | 0.317 |
| | | | | | | | | DiamMz. | 0.730 | 0.961** | 0.508 | 0.243 | 0.317 |
| | | | | | | | | | DiamTus | 0.513 | 0.564 | 0.437 | 0.290 |
| | | | | | | | | | | LonGr | 0.407 | 0.129 | 0.282 |
| | | | | | | | | | | | AnchGr | 0.459 | 0.067 |
| | | | | | | | | | | | | GrosGr | 0.792 |
| | | | | | | | | | | | | | 100sem |