



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

*Efecto del despanojado mecánico en el rendimiento  
de semilla de maíz (Zea mays).*

Ing. Agr. Gonzalez Vega, V. Alexander

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL TITULO DE  
**Especialista en Producción de Semillas de Cereales,  
Oleaginosas y Forrajeras**

DIRECTOR: Ing. Agro. Dr. Quijano, Alvaro.

Co-Director: Ing. Agro. Dr. Benavidez, Raquel.

AÑO: 2015

## INDICE

INTRODUCCION .....	4
Figura 1 - Evolución del rendimiento de maíz en la Argentina (1960-2006) – (Rossi, 2007).....	5
Figura 2 – Importación de semilla de Argentina en toneladas – Periodo 2011 – 2015. Fuente: INASE.....	6
Figura 3 – Personal temporario realizando Roguing.....	8
Figura 4 – Despanojado Manual. ....	10
Despanojado mecánico: .....	10
Figura 5 – Cortadora – Cutter. ....	11
Figura 6 – Roladora – Puller – Cuerpo individual.....	12
Figura 7 – Roladora – Puller .....	13
Figura 8 – Porta hombre. ....	14
Figura 9 - Pica de macho. ....	15
SITUACIÓN PROBLEMA.....	16
OBJETIVOS .....	17
HIPOTESIS .....	17
MATERIALES Y METODOS .....	18
Figura 10 – Ubicación geográfica de Maggiolo en el Mapa Político de la provincia de Santa Fe. 19	
Figura 11 – Índice de productividad de las tierras. Fuente: Atlas de suelo de la Rep. Argentina. INTA SAGPyA – Proyecto ARG 85/119 (1990).....	20
Figura 12 – Acceso a establecimiento La Maguncia. ....	21
- Despanojado TESTIGO (DTest) .....	21
- Despanojado MODERADO (DMod). ....	21
- Despanojado AGRESIVO (DAgre).....	21
Mediciones en Planta y Post despanojado .....	22
Mediciones en Madurez de Cosecha.....	22
Figura 13 – Croquis del ensayo con sus correspondientes dimensiones.....	23
Ecuación 1: Radiación Interceptada.....	24
Ecuación 2: Índice de Área Foliar (IAF). ....	24
Figura 14 – Croquis y delimitación de las Sub-parcelas de Rendimiento. ....	26
ANALISIS ESTADISTICO .....	26
RESULTADOS.....	27
Cuadro 1: Valores promedio para la variable radiación. ....	27
Cuadro 2: Valores promedio para la variable Índice de área foliar (IAF).....	27
Cuadro 3: Valores promedio para la variable peso del área foliar. ....	28

Cuadro 4: Valores promedio para la variable peso del tallo.....	28
Cuadro 5: Valores promedio para la variable número de espigas.....	29
Cuadro 6: Valores promedio para la variable número de semillas por espiga.....	29
Cuadro 7: Valores promedio para la variable peso de mil semillas (P1000). ....	30
Cuadro 8: Valores promedio para la variable peso del marlo. ....	30
Cuadro 9: Valores promedio para la variable Peso de espiga. ....	31
Cuadro 10: Valores promedio para la variable peso de las espigas.....	31
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>32</b>
Ecuación 3: Rendimiento Bolsas por hectárea. ....	34
Cuadro 11: Rendimiento estimado de bolsas por hectárea. ....	34
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>35</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>36</b>

## **INTRODUCCION**

Maíz, palabra de origen prehistórico que significa “lo que sustenta la vida”. El maíz es una forma doméstica de una cepa de teosinte (*Zea mays*ssp. *parviglumin*), un “pasto” salvaje de la familia de las gramíneas. Junto con el trigo y el arroz, es uno de los cereales más importantes en el mundo. Su relevancia se debe a que suministra elementos nutritivos al hombre y a los animales, y es materia prima básica para la industria, ya que con el se producen almidón, aceites, proteínas, bebidas alcohólicas y edulcorantes alimenticios, entre otros productos (Benítez-Cardoza, 2006). *El maíz*, *Zea mays* L., es una especie monocotiledónea anual, perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas). A diferencia de los demás cereales, es una especie monoica y alógama, lo que determina que su polinización sea fundamentalmente cruzada.

El desarrollo del maíz híbrido es indudablemente una de las más refinadas y productivas innovaciones en el ámbito del fitomejoramiento. Esto ha dado lugar a que el maíz haya sido uno de los principales cultivos alimenticios a ser sometido a la aplicación de diferentes tecnologías; también un catalizador para la revolución agrícola en otros cultivos. Actualmente la revolución híbrida no está limitada a los cultivos de fecundación cruzada, donde se originó exitosamente, ya que el desarrollo de híbridos se está difundiendo rápidamente a otras especies auto fecundas: el algodón y el arroz híbridos son casos exitosos y conocidos, el trigo híbrido puede ser una realidad en un futuro cercano. (Paliwal, 2001).

Uno de los eventos más significativos en la historia del mejoramiento fue el descubrimiento del vigor híbrido (Shull 1908, 1909; East, 1908) denominado heterosis. En maíz este fenómeno se obtiene hibridando dos líneas puras endocriadas no emparentadas; la descendencia es la generación F1, más productiva y vigorosa que sus padres. Este fenómeno fundamentó las bases para investigación y el desarrollo de los híbridos. El esquema de híbridos de cruza simple sugerido inicialmente por Shull (1908, 1909) e East (1908) no fue comercialmente exitoso debido a la escasa productividad de las líneas y el alto costo de la producción de las cruza simple. Jones (1918) sugirió que dos

cruzas simples podían ser cruzadas entre sí para producir híbridos dobles, desarrollándose a partir de entonces y de manera progresiva distintas etapas de mejoramiento en las que se basó el desarrollo de la tecnología del maíz híbrido.

Esto se vio reflejado en el incremento de los rendimientos potenciales del cultivo (Figura 1).

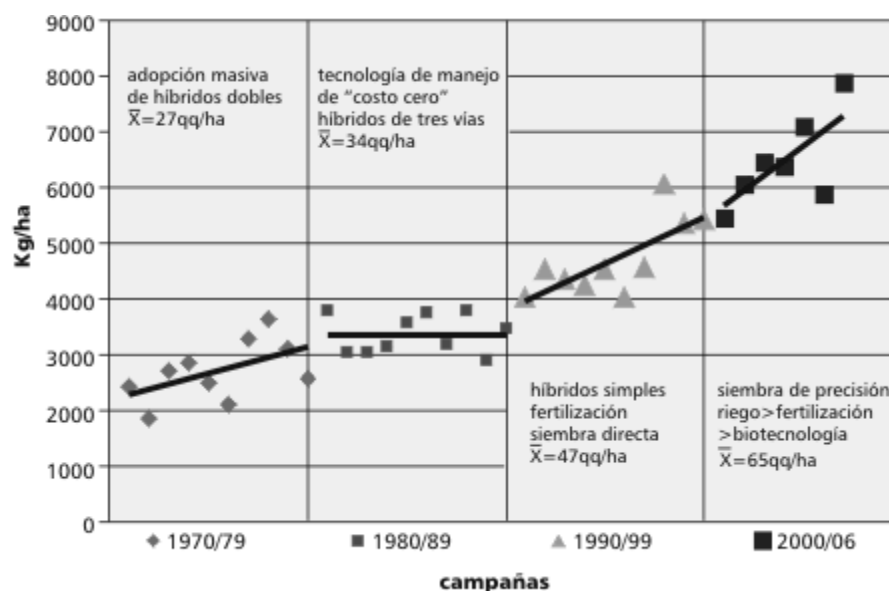


Figura 1 - Evolución del rendimiento de maíz en la Argentina (1960-2006) – (Rossi, 2007).

El uso de líneas progenitoras puras en la creación de híbridos en el cultivo de maíz ha llevado a la protección de la propiedad intelectual, lo que permitió inversiones que se verificaron en el desarrollo tecnológico de este cultivo.

Según la Asociación de Semillero Argentinos (ASA), el comercio internacional de semillas alcanzó los 44.000 millones de dólares en el año 2013 (ASA, 2014). Argentina, con un mercado interno de semillas de alrededor de 1.000 millones de dólares, es el segundo productor de semillas de Sudamérica, tercero en América y noveno en el mundo.

Argentina exporta semillas por 320 millones de dólares, producto en gran medida de la producción de semilla en contra estación, mientras que importa semillas por valor de 61 millones de dólares. Por lo tanto, la relación exportación / importación de semillas es 5,24 colocando a esta industria en un perfil netamente exportador. Según los datos elaborados por ASA, esta tendencia fue sostenida a lo largo de la década comprendida entre 2003 y 2013. Según el

mismo informe, en el período 2009-2013, la semilla de maíz fue el mayor rubro de exportación. Osciló entre el 30 y el 48% del volumen total de semillas exportado, los volúmenes fueron entre 23.000 y 69.000 tn, aportando entre 66 y 243 millones de dólares, representando entre el 46 y 65% del total de ingresos. El principal destino de exportación de las semillas producidas en nuestro país es Estados Unidos, adonde se destina más del 60% de la producción, consolidándose Argentina como proveedor contra-estación.

Argentina tiene una importación total promedio desde el 2011 al 2015 de 7.244 tn de semilla de los principales cultivos. El 67% de las importaciones de semilla, es de maíz, que viene decreciendo (a excepción del año 2012 en el cual supero en un 206% la importación del año anterior) y para el periodo 2011 al 2015 en un 52% (Figura 2). Esto se puede explicar por el avance de la producción nacional de semilla.

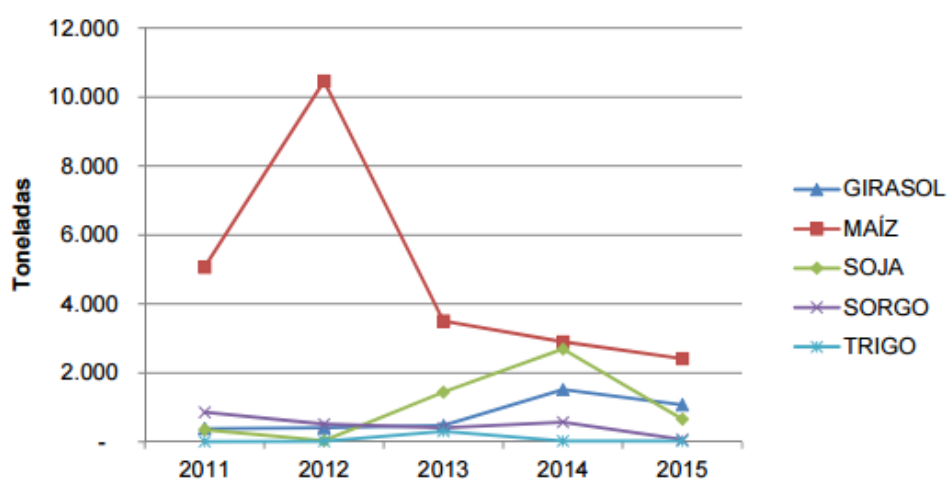


Figura 2 – Importación de semilla de Argentina en toneladas – Periodo 2011 – 2015.

Fuente: INASE.

El caso del maíz es paradigmático, pues aquí puede verse claramente que las técnicas de producción de semilla híbrida fueron acompañando el desarrollo del mejoramiento genético, incluyendo el avance en los sistemas de cosecha, el empleo de riego en los lotes de producción y la introducción de las máquinas despanojadoras (cortadoras y roladoras), que a pesar de remover más material vegetal, versus extracción manual de la panoja, no afectan ni la germinación ni el vigor de las semillas (*Silva Komatuda et al., 2006*).

La producción de maíz híbrido, es el procedimiento de cruzar dos parentales de las cuales uno hará las veces de macho o polinizador y el otro de hembra o receptor de polen en un proceso de polinización controlado a través del despanojado.

Uno de los objetivos de la producción de semillas híbridas es reducir al mínimo el número de hileras masculinas maximizando la utilización de la línea parental femenina y tener suficiente polen para asegurar una buena producción de semillas (*Beck, 2002*). La proporción de líneas parentales femeninas y masculinas en un lote de producción de semilla es comúnmente llamada relación de siembra y ésta depende fuertemente de la capacidad de polinización del parental masculino. Las semillas híbridas serán cosechadas solamente del parental femenino, por lo cual se considera que es la superficie aprovechable.

En la producción de semilla de híbridos de maíz, que es una especie alógama, es fundamental la coincidencia en floración de los progenitores para realizar la hibridación. Para ello es necesario que granos de polen de la inflorescencia masculina de una línea pura utilizada como parental masculino polinicen el estigma receptivo de la inflorescencia femenina de otra línea pura utilizada como parental femenino (*Wych, 1988*). Para que ello ocurra, se deben sembrar en el lote a campo la línea elegida como parental femenina separada de la otra línea elegida como parental masculino, pero perfectamente sincronizado para que sus fases reproductivas, tanto el parental masculino como el parental femenino coincidan. Esto se logra sincronizando la siembra de las mismas mediante formulas de siembra en Unidad Grados Día (GDU). En el maíz, que es una especie alógama, es necesario evitar que las plantas elegidas como parentales femeninas se auto-polinicen para poder lograr los estándares de pureza genética necesaria. El proceso utilizado para la extracción de la panoja, es llamado comúnmente “despanojado”. Con esta operación bien realizada, permanecen en el lote de producción de semilla híbrida solamente las panojas de la línea parental masculina liberando polen y polinizando al parental femenino para producir la fecundación (*Bartolini, 1990*).

El despanojado debe realizarse antes de que la panoja del parental hembra comience a emitir polen y de que emerjan sus estigmas para evitar

autofecundación (Self). Este proceso demanda una gran logística dado que tal remoción se hace planta por planta.

El despanojado se puede realizar en forma manual (tradicional) o bien en forma mecánica. Ambas tienen el mismo objetivo, pero el tiempo y la calidad del trabajo son totalmente diferentes.

Previo y durante el despanojado se realizan varias operaciones. La operación de eliminación las plantas fuera de tipo – off type – o roguing (Figura 3). Esto es la remoción de las plantas indeseadas de los lotes tanto para el parental femenino, como el masculino para evitar la liberación de fecundación de plantas que no corresponden al tipo del parental con el objetivo de mantener la pureza botánica y genética de las semillas a producir.

Este proceso es imprescindible realizarlo previo al despanojado, cuando el cultivo tiene una altura considerada (V7-V8 *Escala Ritchie y Hanway*) que le permita al personal tener una visión para diferenciar las plantas fuera de tipo de la línea predeterminada.

En el roguing además se eliminan plantas dominadas (fuera del stand de plantas normales), dañadas por enfermedades, daños físicos (defoliaciones agresivas, picaduras etc.), errores de siembra.



Figura 3 – Personal temporario realizando Roguing.

Criterios y consideraciones previas al despanojado:

Momento de emergencia de estigmas: aproximadamente unos 3 días previos (30-50 GDU) a la fecha teórica de emergencia (3-5 cm antes de la salida de los estigmas). Los estigmas se consideran receptivos a partir de 1cm por fuera del perfilo (chalias que envuelven la espiga) hasta el momento en que los estigmas en la periferia de la espiga pierden turgencia (marchitamiento de las puntas).

Nº de hojas a desplegarse, previa emergencia de panoja: se toma una relación de 3 días o 50 GDU por cada hoja que falte expandir (filocrono).

Eficiencia de despanojado: número de personas por hectárea por día y el número de maquinas por hectáreas por día.

Número de hojas a extraer.

Número de hojas por encima de la inserción de la espiga (Optimo: 3 o mas hojas).

Descripción de la línea a despanojar: adaptado o no al despanojado mecánico.

Despanojado manual (Figura 4): La eficiencia del despanojado es de 0.5 ha/persona/día – promedio.

La extracción de la panoja del parental hembra, se realiza íntegramente en forma manual. La remoción de la panoja lo realiza con personal temporario, formando cuadrillas de 16 personas. Normalmente se asigna un surco por persona.



Figura 4 – Despanojado Manual.

#### Despanojado mecánico:

El despanojado asistido consta de 3 etapas principales, denominadas “Cortado”, “Rolado” y “Repaso”.

**Cortado:** esta tarea se realiza con maquinaria autopropulsada provista de cuchillas giratorias, denominadas cortadoras (cutter, Figura 5), que cortan el extremo superior del tallo de las plantas del parental hembra a medida que la cortadora transita el lote en la línea de siembra. Estas cuchillas se disponen sobre los cuerpos de trabajo que brindan una capacidad operativa de hasta 12 surcos de parental hembra en cada recorrido de la cortadora.

El objetivo de esta etapa es lograr adelantar la exposición de la panoja del parental hembra para proceder con la extracción de la panoja por las roladoras. Dicha tarea se efectúa aproximadamente 3-4 días (50 GDU promedio) antes de la aparición de los primeros estigmas del parental hembra.



Figura 5 – Cortadora – Cutter.

Rolado: esta tarea se realiza aproximadamente de 2-3 días (50 GDU promedio) post “cortado” y 1-2 días antes de la aparición de los primeros estigmas del parental hembra. Esta labor se realiza mediante maquinaria autopropulsada denominada roladoras (puller) provista de ruedas dispuestas de a pares que al girar en sentido contrario (Figura 7) extraen las panojas de plantas del parental hembra a medida que transita el lote (Figura 8). Estas ruedas se disponen sobre cuerpos de trabajo que brindan una capacidad operativa de hasta 8 surcos de parental hembra en cada recorrido de la roladora. El objetivo de esta etapa es extraer entre un 60-90% de las panojas presentes en los parentales hembra.



Figura 6 – Roladora – Puller – Cuerpo individual.



Figura 7 – Roladora – Puller

Repaso: Esta tarea se realiza inmediatamente después de realizado el “rolado” y consiste en la extracción manual de todas las panojas remanentes en el parental hembra, siendo normalmente necesarios 2 repasos hasta eliminar todas las panojas del parental hembra. El personal a cargo de esta extracción manual puede transitar el lote por sus propios medios ó bien ser transportado por una herramienta denominada “porta hombres” (Figura 9). El objetivo de esta etapa es la eliminación total de las panojas del parental hembra.



Figura 8 – Porta hombre.

Se realizan controles de pureza de despanojado (% de panojas remanentes del parental femenino), donde el remanente de panojas del parental femenino debe ser menor al 1% en el momento en que los estigmas femeninos estén emergidos.

Toda maquinaria utilizada para el despanojado (cortadora, roladora y/o porta-hombres), cada vez que se trasladen de un lote a otro lote, con diferente material, se inspeccionará y se confirmará la ausencia de material vegetal contaminante en el exterior de la carrocería y cuerpos de trabajo mediante un control de limpieza. Para su limpieza se usan sopladores con motor a explosión y/o compresores de aire o se dejarán las mismas expuestas al sol por 6 horas. Todos los residuos obtenidos como producto de la limpieza de las maquinarias quedarán dentro del lote.

**Dstrucción de macho:** Esta labor se realiza, aproximadamente, 15 días después de haber despanojado el lote, independiente del método de despanojado que se utilice. El objetivo de esta operación es eliminar los surcos del macho luego de finalizado el período de liberación de polen y así evitar

durante la cosecha, las semillas del parental hembra se mezcle con semillas de macho, de manera de asegurar la pureza varietal.



Figura 9 - Pica de macho.

Eficiencias teóricas:

- Cortadora 14 surcos (12 surcos de parental hembra y 2 de parental macho): 4,5 has/hora.
- Roladora 14 surcos (12 surcos de parental hembra y 2 de parental macho): 3,5 has/hora.

## **SITUACIÓN PROBLEMA**

Como consecuencia de un proceso de despanojado exitoso, a medida que se avanza con la intensidad de corte y rolado, el porcentaje de panojas extraídas y panojas a extraer será mayor al 95%, (menos panojas por hectárea a extraer manualmente del parental hembra).

A su vez, el proceso de despanojado genera un daño a las plantas del parental hembra. Este daño es variable según la intensidad de despanojado, y consiste en la eliminación parcial de área foliar (fuente de fotoasimilados), por lo que puede reducir la cantidad de fotoasimilados disponibles para los destinos (semillas).

En base a las consideraciones mencionadas, se plantean los siguientes objetivos.

## **OBJETIVOS**

- Cuantificar el efecto producido por diferentes intensidades de despanojado sobre el rendimiento de maíz semilla.
- Identificar la intensidad de despanojado mecánico que no produzca reducciones significativas en el rendimiento.

## **HIPOTESIS**

La disminución del área foliar producida en el proceso de despanojado, afecta de manera negativa el rendimiento de semilla de maíz.

## **MATERIALES Y METODOS**

Este ensayo se llevo acabo en el establecimiento La Maguncia situado en la localidad de Maggiolo, Departamento General López, Provincia de Santa Fe, República Argentina (Figura 11). Su acceso se ubica sobre el km 393 de la Ruta Nacional 8, a 35 km de la ciudad de Venado Tuerto y a 9 km del límite con la provincia de Córdoba.

La campaña 13-14 se considero un año “Niño débil”. La temperatura media del ciclo el cultivo fue de 20.9 °C, con temperaturas mínimas -3.3 °C (24 de septiembre del 2013) y la máxima de 38.4°C (25 de diciembre del 2013).

El ensayo fue sembrado el 20 de septiembre del 2013 con una fertilización fosforada de 100kg ha<sup>-1</sup> de fosfato diamónico. La densidad de siembra fue de 95.000 plantas por hectáreas. En el estadio previo a V4 (*Escala Ritchie y Hanway, 1982*) se realizo una aplicación de fertilizante liquido de unos 150 kg ha<sup>-1</sup>. El cultivo fue sembrado en un pivot de riego, donde la lamina de riego diaria potencial era de 7 mm ha<sup>-1</sup>, regando un total de 110 milímetros ha<sup>-1</sup> en el ciclo del cultivo. El cultivo fue monitoreado y se realizaron aplicaciones en función de los umbrales poblacionales de las plagas de insectos y enfermedades. Como consecuencia el cultivo se desarrollo sin limitantes nutricionales, hídricas, ni bióticas.



Figura 10 – Ubicación geográfica de Maggiolo en el Mapa Político de la provincia de Santa Fe.

Esta localidad cuenta con suelos Molisoles que corresponde a suelos oscuros, ricos en materia orgánica, bases de las estepas conteniendo un epipedón mólico. Los Molisoles cubren extensas áreas en ambientes subhúmedos a semiáridos en las planicies de Norte América, Europa, Asia y Sud América.

La localidad de Maggiolo posee una alta valoración de la capacidad agrícola de la tierra. Su índice productivo es de 10 (Figura 11).

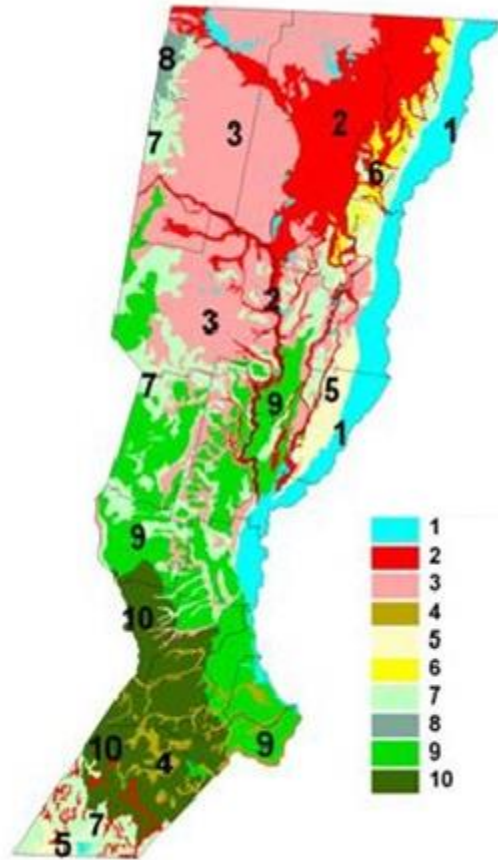


Figura 11 – Índice de productividad de las tierras. Fuente: Atlas de suelo de la Rep. Argentina. INTA SAGPyA – Proyecto ARG 85/119 (1990).



Figura 12 – Acceso a establecimiento La Maguncia.

Para poner a prueba la hipótesis propuesta se realizó un experimento aplicando 3 tratamientos, en los que se establecieron diferentes intensidades de despanojado.

Los tratamientos fueron:

- Despanojado TESTIGO (DTest), en el cual se extrajeron las panojas sin afectar el área foliar.
- Despanojado MODERADO (DMod), en el cual las panojas se eliminaron de manera mecánica, utilizando en primer momento una cortadora y posteriormente una roladora. Este tratamiento elimina una cantidad variable de hojas por encima del nudo superior al de la espiga y parte de la panoja.
- Despanojado AGRESIVO (DAgre), en el cual las panojas eliminaron de manera mecánica, utilizando únicamente la cortadora aplicada a nivel del nudo inmediato superior al de la espiga eliminando las hojas por encima de la espiga.

El ensayo se sembró en un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con 3 repeticiones (bloques).

### Mediciones en Planta y Post despanojado

Estas mediciones se realizaron en parcelas de 10 metros de largo y 7,28 metros de ancho (Figura 15). Los surcos se sembraron a 0,52 metros entre ellos y se dejó una bordura de 1 m alrededor de cada parcela. En estas parcelas se tomaron las muestras para las variables medidas en las plantas antes y después de aplicar los tratamientos. Las mediciones se realizaron sobre 5 plantas en competencia perfecta de cada parcela, totalizando 15 plantas por tratamiento. Las plantas se extrajeron después de los tratamientos de despanojado.

### Mediciones en Madurez de Cosecha.

En estas mediciones se delimitaron 2 (dos) Sub-parcelas de Rendimiento de 6,4 metros de largo x 1,56 metros de ancho (10 m<sup>2</sup>) en cada tratamiento y repetición, obteniendo un total de 18 sub-parcelas (Figura 14).

Para determinar el rendimiento en los tratamientos (DTest, DMod y DAgre) se cosecharon manualmente todas las espigas dentro de cada Sub-parcela de Rendimiento (18 muestras) una semana previa a cosechar con maquinaria. Cada sitio de muestreo se delimitó con cinta y una bandera para señalar.

Las muestras de espigas se colocaron en bolsas de rejilla por cada sitio de muestreo. Cada bolsa tiene capacidad para 40 y 60 espigas con chala. Estas bolsas fueron cerradas con precintos y etiquetadas con el número de bloque, tratamiento y número de muestra. Se armó un check-list de muestras para llevar un control y verificar que se tomaron todas las muestras planificadas. Las espigas fueron secadas en estufa para llevar todas las muestras a materia seca (Humedad menor o igual a 14%).

Una vez que la humedad se mantuvo constantes por tres días consecutivos, se procedió a realizar los procesos y análisis de las muestras.

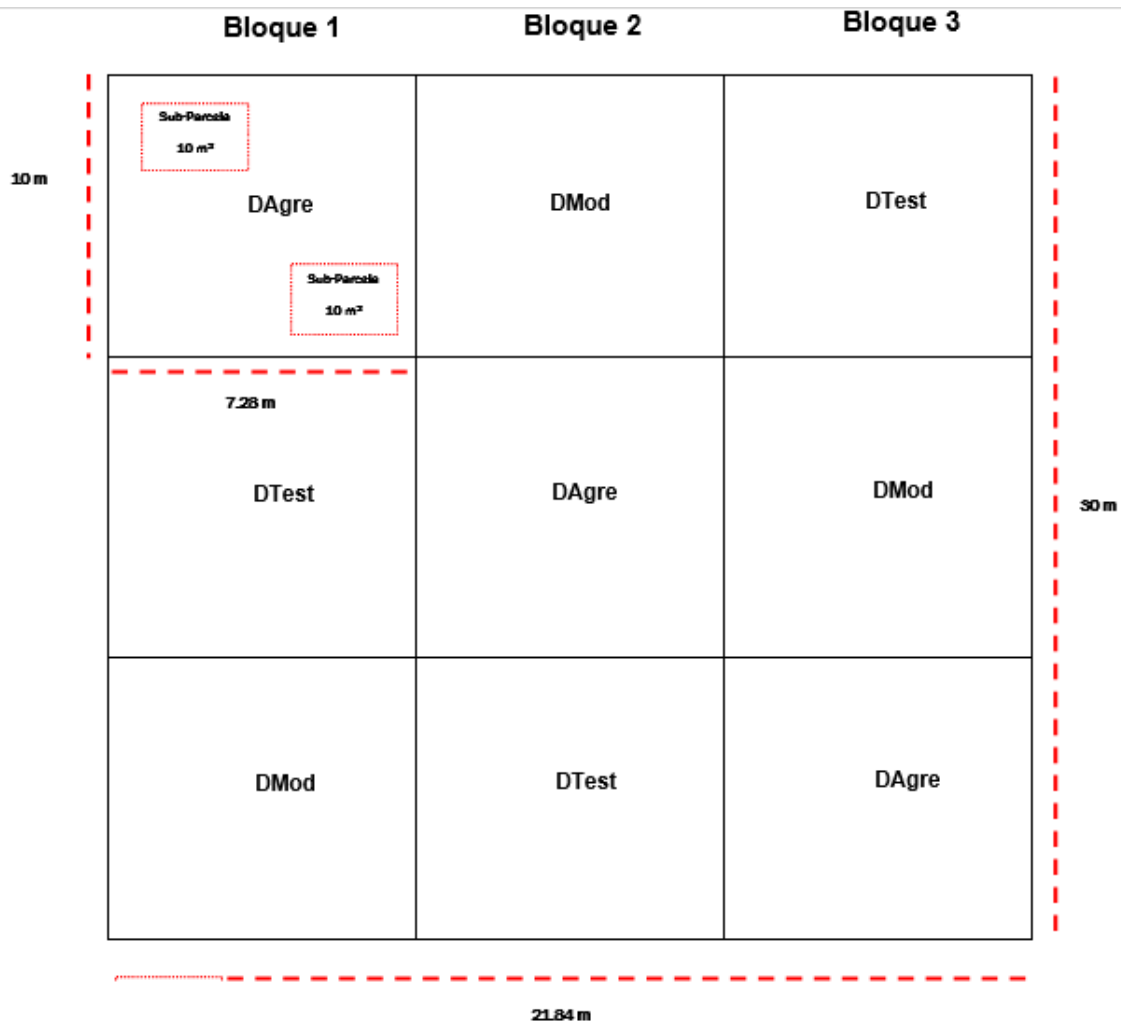


Figura 13 – Croquis del ensayo con sus correspondientes dimensiones.

#### Mediciones en Planta y Post despanojado

- Radiación interceptada (RI): Se midió con una barra (ceptómetro) de 50cm. Se realizaron tres lecturas (L) de la radiación solar directa, libre de interferencias (RADsd). Se obtuvo una media de las lecturas y luego se procedió a la medición (2 mediciones por tratamientos por bloque) con la barra a nivel del suelo entre las líneas de siembra (RADsue). El porcentaje de RI se calculó de la siguiente manera:

Ecuación 1: Radiación Interceptada.

$$\text{RADsd} = \frac{(L1 + L2 + L3)}{3}$$
$$\text{RADsue} = \frac{\text{Medición 1} + \text{Medición 2}}{2}$$
$$\text{RI} = (1 - (\text{RADsue}/\text{RADsd})) \times 100$$

- Índice de área foliar (IAF): es la expresión numérica adimensional resultado de la división aritmética del área de las laminas de un cultivo expresado en m<sup>2</sup> y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en m<sup>2</sup>. Para obtener este dato se utilizó un método destructivo, sobre 5 plantas por tratamiento por bloque. Estas fueron diseccionadas en laminas y tallo. La superficie de las laminas se determinó utilizando un medidor de área (LI-COR 3000) foliar. Por regla de 3 simple se calculó la superficie foliar de las plantas en un m<sup>2</sup> en función de la densidad de siembra.

Ecuación 2: Índice de Área Foliar (IAF).

$$\text{IAF} = \frac{(\text{Área laminar}) * (\text{Densidad Población})}{\text{Área Sembrada}}$$

- Peso seco (PS) del área foliar (gr): Las laminas una vez utilizadas en la medición del área foliar, fueron dispuestas en bolsas de papel etiquetadas con el bloque, tratamiento y repetición correspondiente. Se colocaron en estufa y llevadas a peso seco. Luego las mismas se pesaron en una balanza de precisión.
- Peso seco del tallo (gr). Los tallos que fueron separados cuando se midió IAF, se dispusieron en bolsas de papel etiquetados y llevados a estufas hasta peso seco. Luego se pesaron en una balanza de precisión.

Mediciones en Madurez de Cosecha.

1. N° de espigas. Estas fueron tomadas de las Sub-parcelas de Rendimiento en los diferentes tratamientos. Se recolectaron a mano el 100% de las espigas dentro de las Sub-parcelas de Rendimiento, totalizando con 18 muestras tomadas.
2. N° de semillas. Se conto el número de semillas de cada espiga que fueron recolectadas en las Sub-parcelas de Rendimiento. Luego fueron llevadas a estufa hasta peso seco.
3. Peso de 1000 semillas (gr). Las semillas extraídas fueron pesadas por cada tratamiento, extraídos en las muestras de las Sub-parcelas de Rendimiento y llevadas al peso de 1000 semillas en peso seco.
4. Peso del marlo (gr). Se tomo el peso seco de los marlos por tratamiento extraídos en las muestras de las Sub-parcelas de Rendimiento.
5. Peso de la espiga (gr). Se tomo el peso seco individual de cada espiga que fue recolectada en las Sub-parcelas de Rendimiento. Esto se realizo por cada tratamiento.
6. Peso de las espigas (gr). Se tomo el peso seco del total de las espigas recolectadas en las Sub-parcelas de Rendimiento por tratamiento.

Las espigas se cosecharon de los diferentes tratamientos de manera manual, una semana previa a ser cosechada con maquinaria. Las muestras fueron colocadas en bolsas rejillas donde cada una de ellas fue etiquetada con el número del bloque, tratamiento y número de muestra. Estas muestras fueron llevadas a estufa, donde se las llevo a una humedad constante menor o igual a 14% (lecturas constantes de 3 días consecutivos), posterior a esto, las muestras fueron pesadas en una balanza de precisión. El análisis y datos se encuentran en el Cuadro 10.



## **RESULTADOS**

Efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) sobre la Radiación Interceptada (RI) y el Índice de Área Foliar (IAF).

Los tratamientos de despanojado afectaron la Radiación Interceptada ( $P=0.023$ ), pero solo se observaron diferencias significativas entre DAgre y los otros tratamientos: DTest y DMod. Estos últimos alcanzaron valores de RI del 95%, mientras que la RI del tratamiento DAgre fue menor (Cuadro 1).

Cuadro 1: Valores promedio para la variable radiación.

Tratamientos	Radiación Interceptada (%)	Diferencias
DTest	95,9	a <sup>1</sup>
DMod	95,4	a
DAgre	91,6	b

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas al  $P<0.05$  según la prueba LSD de Fisher.

El efecto de los tratamientos sobre el IAF fue similar al observado para RI. No se presentaron diferencias significativas entre DTest y DMod, los que estuvieron alrededor de 3,6 de IAF; pero si hubo diferencias significativas entre los anteriores y DAgre, cuyo IAF fue menor igual a 2,2 (Cuadro 2).

Cuadro 2: Valores promedio para la variable Índice de área foliar (IAF).

Tratamientos	IAF	Diferencias
DTest	3,7	a <sup>1</sup>
DMod	3,5	a
DAgre	2,2	b

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas al  $P<0.05$  según la prueba LSD de Fisher.

Efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) sobre el peso seco del área foliar y de los tallos.

Los efectos de los tratamientos sobre el peso seco del área foliar fue similar a los efectos observados para RI y IAF. El peso seco del área foliar de los tratamientos DTest y DMod fue mayor o igual a 20,7(gr), mientras que DAgre fue 18,4 (gr) (Cuadro 3).

Cuadro 3: Valores promedio para la variable peso del área foliar.

Tratamientos	Peso área foliar (gr)	Diferencias
DTest	23,3	a <sup>1</sup>
DMod	20,7	ab
DAgre	18,4	b

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas al  $P < 0.05$  según la prueba LSD de Fisher.

Por el contrario, los tratamientos de despanojado no afectaron significativamente el peso del tallo ( $P=0,791$ ). No se observaron diferencias entre los diferentes tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4: Valores promedio para la variable peso del tallo.

Tratamientos	Peso tallo (gr)	Diferencias
DTest	26,3	a <sup>1</sup>
DMod	24,5	a
DAgre	26,0	a

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas al  $P < 0.05$  según la prueba LSD de Fisher.

Efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) sobre el número de espigas.

Los tratamientos de despanojado afectaron el número de espiga ( $P=0,0584$ ), sin mostrar diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5: Valores promedio para la variable número de espigas.

Tratamientos	Número de espigas	Diferencias
DTest	31,83	a <sup>1</sup>
DMod	32,17	a
DAgre	28,83	a

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas al  $P < 0.05$  según la prueba LSD de Fisher.

Efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) sobre el número de semillas.

El efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) afectaron el número de semillas ( $P=0,0193$ ), pero solo se observaron diferencias significativas entre DAgre y los otros tratamientos: DTest y DMod. Estos últimos alcanzaron valores por encima de 263,5 mientras que para el tratamiento DAgre fue de 208,67 (Cuadro 6).

Cuadro 6: Valores promedio para la variable número de semillas por espiga.

Tratamientos	Número de semillas/espiga	Diferencias
DTest	263,52	a <sup>1</sup>
DMod	267,27	a
DAgre	208,67	b

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas al  $P < 0.05$  según la prueba LSD de Fisher

Efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) sobre el peso de 1000 semillas (P1000).

El efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) afectaron el peso de mil semillas ( $P= 0,0069$ ), pero no mostraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 7).

Cuadro 7: Valores promedio para la variable peso de mil semillas (P1000).

Tratamientos	P1000 (gr)	Diferencias
DTest	288,33	a <sup>1</sup>
DMod	290	a
DAgre	298,33	a

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas al  $P < 0.05$  según la prueba LSD de Fisher

Efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) sobre el peso del marlo.

El efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) afectaron el peso del marlo ( $P = 0,0177$ ) pero solo se observaron diferencias significativas entre DAgre y los otros tratamientos: DTest y DMod. Estos últimos alcanzaron valores iguales o por encima de 25 (gr) mientras que para el tratamiento DAgre fue de 19 (gr) (Cuadro 8).

Cuadro 8: Valores promedio para la variable peso del marlo.

Tratamientos	Peso del marlo (gr)	Diferencias
DTest	28	a <sup>1</sup>
DMod	25	a
DAgre	19	b

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas al  $P < 0.05$  según la prueba LSD de Fisher

Efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) sobre el peso de espiga.

El efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) afectaron el peso de espiga ( $P = 0,0347$ ), pero solo se observaron diferencias significativas entre DAgre y los otros tratamientos: DTest y DMod. Estos últimos alcanzaron valores iguales o por encima de 80,3gr mientras que para el tratamiento DAgre fue de 61,7 (gr) (Cuadro 9).

Cuadro 9: Valores promedio para la variable Peso de espiga.

Tratamientos	Peso espiga (gr)	Diferencias
DTest	84,3	a <sup>1</sup>
DMod	80,3	a
DAgre	61,7	b

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas al  $P < 0.05$  según la prueba LSD de Fisher

Efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) sobre el peso de las espigas (Sub-parcelas de Rendimiento).

El efecto de los tratamientos de despanojado (DTest; DMod; DAgre) afectaron el peso de las espigas ( $P = 0,0177$ ), pero solo se observaron diferencias significativas entre DAgre y los otros tratamientos: DTest y DMod. Estos últimos alcanzaron valores iguales o por encima de 2507,5 (gr) mientras que para el tratamiento DAgre fue de 1825,8 (gr) (Cuadro 10).

Cuadro 10: Valores promedio para la variable peso de las espigas.

Tratamientos	Peso de las espigas (gr)	Diferencias
DTest	2507,5	a
DMod	2558,3	a
DAgre	1825,8	b

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas al  $P < 0.05$  según la prueba LSD de Fisher

## **DISCUSIÓN**

Los componentes primarios que determinan el rendimiento de un cultivo de maíz son el nro. de granos y el peso unitario de los granos. De los dos componentes, el número de granos maduros es el que está más estrechamente relacionado con las variaciones en el rendimiento de maíz a campo (Otegui, 1995).

En maíz, el período de cuatro semanas alrededor de la floración femenina es particularmente sensible a cualquier estrés de crecimiento y produce un fuerte impacto sobre número final de granos logrados (Hall y col., 1981; Fischer y Palmer, 1984; Kiniry y Ritchie, 1985). Este período, es denominado período crítico. Durante dicho período ocurre el crecimiento activo de la espiga, la aparición de los estigmas (barbas) y el comienzo del llenado del grano (Otegui y Bonhomme, 1998). Durante la primera mitad del período crítico, que es previa a la aparición de los estigmas, queda determinado el número de espigas por planta capaces de granar, mientras que en la segunda mitad se determina el número de granos fijados por espiga granada. En la semana previa a la emergencia de los estigmas (ubicado en la primera mitad del periodo crítico) del parental femenino, es donde se lleva acabo el proceso de despanojado generando un estrés directo sobre el parental femenino.

El costo energético de los principales metabolitos producidos por la planta de maíz es bajo y prácticamente similar en sus distintas etapas ontogénicas. El maíz produce principalmente celulosa durante su fase de crecimiento vegetativo y almidón durante el llenado de las semillas; ambos polisacáridos de menor valor energético que las proteínas o las grasas (un gramo de glucosa produce 0,8 g de carbohidratos, 0,6 g de proteínas y 0,4 g de lípidos; (VarletGrancher y col., 1982), sin embargo reducciones del IAF promovidas por deficiencias nitrogenadas leves a moderadas no necesariamente implicarán cambios drásticos en la eficiencia de interceptación, en tanto el cultivo alcance un IAF cercano al crítico. El menor rendimiento del tratamiento DAgre podría deberse a la reducción del IAF por debajo del IAF crítico, ya que no alcanza la radiación interceptada del 95 %. También observamos que, en el Peso de las Espigas, (Cuadro 10) se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento DAgre y los tratamientos DTest y DMod. El tratamiento DAgre (1825,8 gr) pesó un 28% menos que los tratamientos DTest (2507,5 gr) y DMod (2558,3 gr).

La biomasa producida por un cultivo depende de la tasa fotosintética promedio de su canopia. A su vez, la tasa fotosintética depende de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa que pueden interceptar las hojas. Por lo tanto, la radiación interceptada (RI) depende del IAF. Durante el proceso de eliminación de la panoja (acción necesaria para la producción de semilla híbrida en maíz) se produce indirectamente la eliminación de una cantidad variable de área foliar. La eliminación de la panoja en el tratamiento DAgre produjo una reducción significativa del área foliar. Comparado con el tratamiento DMod, el área foliar del tratamiento DAgre fue un 37 % menor. Sin embargo, el efecto sobre la RI fue pequeña: solo 4 % respecto DMod. Esta reducción en la RI no produjo diferencias entre DAgre y DMod para la cantidad de materia seca acumulada en tallos (Cuadro 4), pero sí en marlos (Cuadro 8) y espiga (Cuadro 9).

La reducción del peso de las espigas estuvo directamente relacionada con la reducción del nro. de semillas/espiga (Cuadro 6), ya que no se observaron diferencias entre tratamientos para el P1000 (Cuadro 7). Este resultado indica que los tratamientos no afectaron los procesos relacionados con el tamaño máximo de los granos a madurez.

La disminución del nro. de semillas/espiga en el tratamiento DAgre puede ser debido a diferentes causas: I) menor número de espiguillas diferenciadas, II) muerte de ovarios no fertilizados (aborto de flores) y III) muerte de ovarios fertilizados (aborto de semillas). Es posible desestimar el ítem I ya que el proceso de diferenciación de espiguillas se produce en una etapa anterior al momento en que se aplicaron los tratamientos. Por el contrario, las causas mencionadas en los ítems II y III se producen alrededor de la floración femenina, y es coincidente con el momento de aplicación de los tratamientos de despanojado.

En maíz, se han desarrollado modelos que relacionan el crecimiento de la espiga con el rendimiento (Chapman y Edmeades, 1999). A su vez, las variaciones en el crecimiento de la espiga dependen de la radiación interceptada durante dicho período, y las variaciones en el rendimiento son función de cambios en el nro. de granos. Estos modelos se fundamentan en los experimentos que relacionan al nro. de granos con el flujo de asimilados durante las primeras etapas de su desarrollo (Zinselmeir, Habben, Westgate y Boyer, 2000). La disminución del peso de la espiga (Cuadro 9) observada en el tratamiento DAgre podría considerarse como evidencia de una menor disponibilidad de asimilados, y consecuentemente la causa del aborto

de los granos en ese tratamiento. Por otro lado, también existe evidencia de interacciones entre factores ambientales y hormonales que regularían las primeras etapas del crecimiento de los granos. El etileno es una de las hormonas cuya acción se relacionó con el aborto de los granos (Cheng and Lur, 1996). A su vez, la síntesis de etileno puede inducirse a partir de eventos de estrés como el producido por el daño causado por el despanojado (Wang, Li and Ecke, 2002). Aunque en el presente experimento no es posible discernir si las causas del menor nro. de semillas ocurrió por efecto de cambios en los asimilados disponibles, por efecto de cambios en la síntesis de hormonas, o por una combinación de ambos, está claro que dichos efectos fueron mayores en el tratamiento DAgre respecto de DMod.

Utilizando la Ecuación 3 de Rendimiento de Bolsas por hectárea, los datos generados en los Cuadros 5 y 6 de Componentes del Rendimiento se calculó las bolsas por hectárea de semilla obtenida para cada tratamiento. Tomando como supuestos que no existen pérdidas de semillas en cosechas ni en los procesos a planta (deschalado, secado, desgrane y embolse como los principales procesos).

Ecuación 3: Rendimiento Bolsas por hectárea.

$$\text{Bolsas (80.000 UN) / ha} = \frac{\text{nro. de semillas/espiga} \times \text{nro. de espigas} \times 1000 *}{80.000 \text{ semillas}}$$

80.000 semillas

(\*) Factor de conversión a hectárea.

(UN) Unidades.

(ha) Hectárea.

Cuadro 11: Rendimiento estimado de bolsas por hectárea.

Tratamientos	Número de semillas/espiga	Número de espigas	Número de semillas/ha	Bolsas (80.000 semillas/ha)
DTest	263,52	31,83	8387841,60	104,85
DMod	267,27	32,17	8598075,90	107,48
DAgre	208,67	28,83	6015956,10	75,20

Tal como se observa en este ensayo en particular, con esta línea parental específica, en condiciones climáticas y manejos agronómicos mencionados nos da como resultado que el tratamiento DMod es el que genera mayor número de bolsas

por hectárea (107,4 bolsas/ha), esto es un 2% mas que el tratamiento DTest (104,8 bolsa/ha) y un 30% mas que tratamiento DAgre (75,2 bolsas/ha).

El repaso manual es una acción necesaria en cualquier de las intensidades que se pretenda utilizar como estrategia de despanojado para asegurar la no autofecundación del parental femenino (ejemplo eliminar panojas que no fueron alcanzadas por cualquiera de las maquinas empleadas en el despanojado). Por lo que el paso de personal eliminando las panojas femeninas remanentes post paso de maquinaria (cortadora y/o roladora) es una acción que se realizará sin importar la estrategia de intensidad de corte que se aplique en el lote.

## **CONCLUSIÓN**

Los resultados experimentales obtenidos muestran reducción del área foliar de las plantas, y consecuentemente la reducción del IAF y en menor medida de la RI. Si bien podría haber otros factores que causaron los menores rendimientos del tratamiento DAgre con respecto a los otros tratamientos, estos resultados permiten aceptar la hipótesis que un despanojado agresivo afecta negativamente el rendimiento de semillas de maíz.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Cheng, C. Y. and Lur, H. S. 1996. *Ethylene may be involved in abortion of the maize caryopsis*. *Physiol. Plant.* 98: 245-252.
- Beck, D. L. 2002. *Management of Hybrid Maize Seed Production*. CIMMYT. Disponible en: <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/3778/95795.pdf?sequence=1>
- Chapman y Edmeades, 1999. *Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: II. Direct and correlated responses among secondary traits*, *Crop Science* 39 (5), 1315-1324. Disponible en: Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: II. Direct and correlated responses among secondary traits
- Claudia G. Benitez-Cardoza. 2006, Heriberto Pfeiffer Perea. *El maíz, composición química y morfológica*. *Materiales Avanzados*. Vol 7, 15-20.
- Domingo, O. A. 2004. *Producción de semilla de cereales en la Argentina*. *IDIA XXI* (6):91-93.
- Fischer, K. S. y Pismrt, F. E. 1984. *Tropical maize*. En: P. R. Goldsworthy y N. M. Fischer (eds.). *The physiology of tropical fieldcrops*. Wiley. Págs. 213-248.
- Instituto Nacional de Semillas, 2016. *Mercado de semillas para la siembra de granos en Argentina*. Disponible en: [http://www.agroindustria.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Informe%20Semillas\\_Agosto%202016.pdf](http://www.agroindustria.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Informe%20Semillas_Agosto%202016.pdf)
- Maddonni y col. 1997. *Ecofisiología del cultivo del maíz*. En Eyhérbide, G. (Ed.) *Bases para el manejo del cultivo del maíz*. INTA Pergamino. Pag. 25-56. Disponible en: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_bases\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_maiz\\_reglon\\_100-2\\_2.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf)
- Mercado de semillas para la siembra de granos en Argentina 2016. Disponible en: [http://www.agroindustria.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Informe%20Semillas\\_Agosto%202016.pdf](http://www.agroindustria.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Informe%20Semillas_Agosto%202016.pdf)
- Otegui, M. 1995. *Physiological Bases for Maize Improvement*. Food Products Press.

- Paliwal, R.L. 2001. *El maíz en los trópicos*. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s16.htm>
- Silva Komatuda, A. 2006. *Influencia de métodos de despendoamento na produtividade e na qualidade das sementes de milho*. Revista Brasileira de Milho e Sorgo 5(3): 359-368.
- Wang, Li and Ecke, 2002. *Ethylene biosynthesis and signaling networks*. 2002;14 Suppl: S131-51. Disponible en: Plant Cell.
- Zinselmeir, Habben, Westgate y Boyer, 2000. *Carbohydrate metabolism in setting and aborting maize ovaries*. In: Wastgate ME, Boote KJ, eds. *Physiology and Modeling Kernel Set in Maize*. CSSA Special Publication No. 29 Madison, WI: CSSA, 2000: 1-13.

Citas on-line:

- <http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/Clasificacion%20de%20Suelos%20Xi.pdf>
- <http://www.elsemiarido.com/el-85-de-la-semilla-de-soja-de-la-actual-campana-es-de-uso-propio-y-venta-ilegal/>
- <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/22/1AM22.htmx>
- <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf#sthash.mE0eiyBt.dpuf>
- [http://www.sintesisagraria.com/paginas/suempresa/interes\\_completa.php?codigo=23829](http://www.sintesisagraria.com/paginas/suempresa/interes_completa.php?codigo=23829)

