

Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ciencias Agrarias



Trabajo Final de Graduación

Modalidad Pasantía

Tema: “Entrenamiento en ensayos relacionados al efecto de distintos niveles de defoliación sobre el rendimiento en soja no intacta.”

Pasante/Alumno: ORTIZ, Fernando Emmanuel

Director: Ing. Agr. José Ramón TARRAGÓ

2019

Agradecimientos:

A mis padres Fernando D. Ortiz y Mabel Y. Zon por brindarme la posibilidad de estudiar, a mis hermanos Nicolás L. y Nadia M. Ortiz, así como también a mi novia María S. Asselborn y amigos por su apoyo incondicional durante todos mis años de formación y a los profesores de la facultad por su notable compromiso y dedicación en la enseñanza de la profesión, en especial al Ing. Agr. José R. Tarragó quien fue el que me guió durante la realización del presente trabajo.

Título: Entrenamiento en ensayos relacionados al efecto de distintos niveles de defoliación sobre el rendimiento en soja no intacta.

Introducción

La soja (*Glycine max*) pertenece a la familia *Fabaceae*, y es originaria del norte y centro de China. Es una especie diploide ($2n=40$) que no se encuentra en estado silvestre. Su morfología es extremadamente variable debido al desarrollo de las llamadas “landraces” o cultivares tradicionales en el este de Asia. Estos cultivares, que actualmente constituyen la mayor fuente de diversidad genética en los bancos de germoplasma, han pasado por el tamiz combinado de la selección natural y conducida por el hombre durante años (Hymowitz y Singh, 1987; Kuckuck, Kobabe y Wezel, 1991). El primer escrito referido a la soja se encontró en libros chinos que incluían plantas de China descritas por el Emperador Chenh-Nung en el año 2838 a.C. La soja fue domesticada en el noreste de China en el siglo 11 a.C. y su forma cultivada se introdujo a Corea y Japón desde el norte de China entre los años 200 y 300 a.C. Luego se introdujo desde China a los Estados Unidos vía Gran Bretaña en 1765 y desde Japón a Brasil en 1882 (Smith y Huyser, 1987). El motivo principal por el cual se realiza el cultivo de soja es para obtener aceite y harina proteica, la cual se utiliza para la alimentación humana y animal, aunque para la formulación de raciones en la alimentación del ganado requerirá un proceso de desactivación de los factores anti-nutricionales como inhibidores de la tripsina en la harina y la corrección en el nivel de metionina el cual es naturalmente bajo.

En Argentina, durante la campaña 2018/2019 se han sembrado 17.700.000 hectáreas, con un rendimiento promedio de 33,6 qq/ha, obteniéndose una producción total de 56.000.000 de toneladas (Bolsa de cereales de Rosario, 2019).

La naturaleza anual del cultivo de soja, exige a los Ingenieros Agrónomos y productores conocer los cambios morfo-fisiológicos que se

producen durante el ciclo del cultivo, y en consecuencia actuar de manera correcta y oportuna, a fin de optimizar la producción de granos. En este sentido, la descripción de los principales estadios fenológicos externos, está representada en la escala desarrollada por Fehr y Caviness en (1997) la cual es utilizada tanto por investigadores, asesores y productores. Esta escala propone una descripción de la morfología del cultivo, cuya validez es independiente del cultivar utilizado o de las condiciones del mismo (sitio, fecha de siembra, densidad, etc.) ya que toma en cuenta los cambios morfológicos ocurridos en el tallo principal del 50% del stand de plantas. Divide la fenología de la planta en estados vegetativos (V) y reproductivos (R). Las subdivisiones de los estados V son designados numéricamente como V1, V2, V3, hasta V(n), con excepción de los dos primeros estados, los cuáles son designados como VE (emergencia) y VC (cotiledonar). El último estado es designado como V(n), donde (n) representa el número del último estado nodal desarrollado y el mismo cambia con el cultivar y las condiciones ambientales. Los estados vegetativos (estados nodales) que siguen a VC, están definidos y numerados de acuerdo con el nudo de la última hoja completamente desarrollada. Un nudo con una hoja completamente desarrollada es aquel que tiene por encima de él un primordio foliar en el cual el borde los folíolos ya no se tocan.

Como ejemplo podemos decir que el estado V3 quedará definido cuando los folíolos del 1° nudo (unifoliado) y hasta el 4° nudo están desplegados, mientras que el estado VC ocurre cuando las hojas unifoliadas están desplegadas. El nudo de las hojas unifoliadas es el primer nudo o el punto de referencia desde el cual se comienza a contar hacia arriba para identificar los estados vegetativos siendo este nudo el único que tiene las hojas insertas en forma opuesta sobre el tallo. Todas las otras hojas verdaderas formadas por la planta son trifoliadas (compuestas), con

largos pecíolos y son producidas en forma individual (para los diferentes nudos) y en forma alterna (una de un lado del tallo y la siguiente del otro).

Los estados reproductivos son ocho y están agrupados de a dos, en cuatro grandes etapas de la siguiente manera: **Floración:** R1 y R2; **Formación de vainas:** R3 y R4; **Llenado de granos:** R5 y R6; **Madurez:** R7 y R8. Los 2 estados correspondientes a cada una de las etapas indican el inicio y la plenitud de cada una de ellas. La tercera etapa reproductiva (crecimiento de la semilla o llenado de granos), es la más larga e importante porque durante esta se determina la mayor parte del rendimiento y coincide con el período más crítico del cultivo, en especial durante la primera mitad de la misma.

El crecimiento vegetativo continúa a través de algunos estados reproductivos produciendo un solapamiento hasta alcanzar el número final de nudos. La duración de dichas fases se ve regulada por la temperatura y el fotoperíodo, factores que actúan simultáneamente. Existe variabilidad de los genotipos en cuanto a su respuesta térmica y fotoperiódica, la cual se suele interpretar en el contexto de los "grupos de madurez". Ergo, se entiende como grupo de madurez al conjunto de genotipos que presentan una respuesta similar al fotoperíodo durante la fase emergencia-floración.

La soja es una especie de días cortos con respuesta cuantitativa por lo cual el fotoperíodo regula la mayor parte de los eventos reproductivos como ser la iniciación floral, la floración, la fructificación y parte del llenado de granos, condicionando el momento en el que se inician dichas fases y la tasa con la que progresan los cambios dentro de las plantas. La soja posee un estado juvenil en el cual es insensible al fotoperíodo y se extiende desde la emergencia y finaliza en el estado V1. Una vez finalizado el período juvenil, la exposición a un fotoperíodo lo suficientemente corto

conduce a una serie de cambios que culminan en la iniciación floral, el cual es llamado fotoperiodo umbral, y tanto éste como la sensibilidad fotoperiódica presentan una amplia variación genotípica determinando 13 grupos de madurez (GM), cada uno identificado con un número que va desde el 000 al X (Satorre, 2003). Los denominados GM menores o bajos presentan umbrales elevados, y baja sensibilidad, mientras que a medida que aumenta el GM disminuye el umbral y aumenta la sensibilidad. Luego de la iniciación floral, el fotoperiodo regula también el ritmo con el que progresa la transformación de meristemas axilares a reproductivos dentro de la misma planta y cuando ocurre el cambio del meristema apical.

En el cultivo de soja, el genotipo, la densidad y fecha de siembra constituyen ejemplos de los denominados “factores determinantes” ya que definen el rendimiento potencial que tendrá nuestro cultivo; la fertilidad y el agua disponible son factores limitantes del rendimiento potencial y las plagas, malezas y enfermedades son factores reductores del rendimiento potencial (Satorre, 2003). Considerando lo anteriormente expuesto, este trabajo presta especial importancia al daño que ocasionan los lepidópteros aéreos en el cultivo de soja, de los cuales muchos son consumidores de tejidos vegetativos, afectando la intercepción de la radiación y la provision de fotoasimilados, que redundan en una menor producción de biomasa y rendimiento en grano. El genotipo, el estado fenológico, la intensidad del daño y el ambiente edafoclimático son algunos de los factores que condicionan mecanismos de tolerancia entendiéndose esta como la habilidad de las plantas de soportar daños por herbivoría sufriendo un menor impacto en su crecimiento (Pedigo 1989; Mauricio et al 1997).

Objetivo: Evaluar el efecto de la defoliación en diferentes estados fenológicos sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de soja mediante ensayos a campo.

Lugar de realización: INTTA Las Breñas, ruta 89 Km 227. Las Breñas, Chaco, Argentina.

Descripción de las tareas desarrolladas:

Realización y diagramación del área asignada al ensayo

Para el ensayo se destinó una superficie de 1,52 ha, en las cuales se instaló un cultivo trampa de 1,1 ha ubicado al sur del terreno, (sembrado el 28 de noviembre de 2018) con la finalidad atraer lepidópteros defoliadores hacia las parcelas de los tratamientos, ubicadas en las 0,41 ha restantes (Figura 1 A-B). Originalmente, el ensayo se diseñó con tratamientos de 0% (control), 5%, 10%, 20% y 50% de defoliación, en distintos estadios fenológicos, a saber, R2, R4 Y R5.2, con dos variedades de soja que nos permitan lograr dos cultivos con diferentes tamaños de fuentes (hojas), para una misma fecha de siembra (27 de diciembre). La variedad de mayor Índice de área foliar (mayor fuente) fue DM8473 y la de menos Índice de área foliar (menor fuente) fue DM62R63, ambas variedades no INTACTAS. Cada tratamiento constaría de 3 repeticiones, totalizando así 90 parcelas (5 niveles de defoliación por 3 repeticiones por 3 momentos y por 2 variedades).



Figura 1. Área asignada al ensayo mostrada a través de una Imagen satelital tomada de Google Earth Pro. A) Superficie total destinada al ensayo; B) Superficie total destinada a parcelas de tratamientos, sin incluir el cultivo trampa.

Debido a la escasa presencia de lepidópteros en la campaña y bajos niveles de infestación tanto en el cultivo trampa como en las parcelas, se debió modificar el diseño para poder continuar con el objetivo propuesto para lo que se realizó recolección de larvas de *Spodoptera* de un cultivo de maíz cercano, las cuales fueron aclimatadas, con hojas de soja, previo a la inoculación de las parcelas. Una vez aclimatadas, las larvas se inocularon en parcelas de 2 líneas de ancho x 3 m de largo debido, pero no tuvieron una supervivencia significativa que permitieran llegar a los niveles de defoliación que demandaban los tratamientos. Considerando las limitaciones planteadas anteriormente (escasos de niveles poblacionales de lepidópteros plagas y falta de supervivencia de los individuos inoculados) se optó finalmente por realizar los tratamientos de defoliación de forma artificial mediante sacabocados (Figura 2 A; B; C).



Figura 2. Modificaciones planteadas en el transcurso del ensayo. A) Defoliación por lepidópteros atraídos por el cultivo trampa en parcelas de 8m x 5,2m. B) Defoliación por individuos de *Spodoptera* sp inoculados en parcelas de 3m x 1,04m. C) Diseño final, defoliación manual realizada en parcelas de 1 m x 2,08 m.

Siembra

La siembra del cultivo trampa se realizó el día 30 de noviembre de 2018 y la siembra de las parcelas se realizó el día 27 de diciembre de 2018, con una sembradora de siembra directa PLA de 8 surcos separados a 0,52 m, con placa horizontal para grano grueso, sobre un rastrojo de maíz (Figura 3 A;B). La densidad de siembra fue de 12pl x m⁻¹ (230.769pl x ha⁻¹). Instantes anteriores a la siembra se realizó la inoculación de las semillas y aplicación de fungicida cura-semillas, cabe mencionar que dichos tratamientos se realizaron a la sombra, en el interior de un galpón, donde se mezclaron las semillas con la solución con ayuda de una mezcladora de cemento.



Figura 3. A) Siembra del cultivo trampa (30/11/2018); B) Delimitación manual de las parcelas; C) Siembra del ensayo D) Inoculación de las semillas

Control de malezas

Inicialmente, el lote contaba con algunas malezas problemáticas, tales como sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*), Borreria (*Borreria verticillata*), yuyo colorado (*Amaranthus palmeri*), Verdolaga (*Portulaca oleracea*) y enredadera anual (*Polygonum convolvulus*) entre otras.

El control de malezas pre-siembra de las parcelas de tratamientos se realizó de manera química y mecánica. Para el control químico se aplicó glifosato (66%) 2 l/ha + saflufenacil 35 g/ha el día 21 de diciembre de 2018, mientras que las malezas tolerantes se controlaron de manera mecánica por medio de carpidas. El control post-emergencia del cultivo se realizó el 21 de enero de 2019 mediante la aplicación de Haloxifop R-metil (54%) 0,13 l/ha, para el control de gramíneas + Glifosato (66%) 2 l/ha para malezas gramíneas y latifoliadas. Posteriormente se realizó una aplicación de Haloxifop R-metil (54%) 0,13 l/ha en mezcla con insecticidas tanto en el cultivo trampa como en las parcelas de tratamiento. El 21 de marzo se realizó una aplicación de Cletodim (12%) 1,20 l/ha junto con insecticidas (Figura 4 A; B).

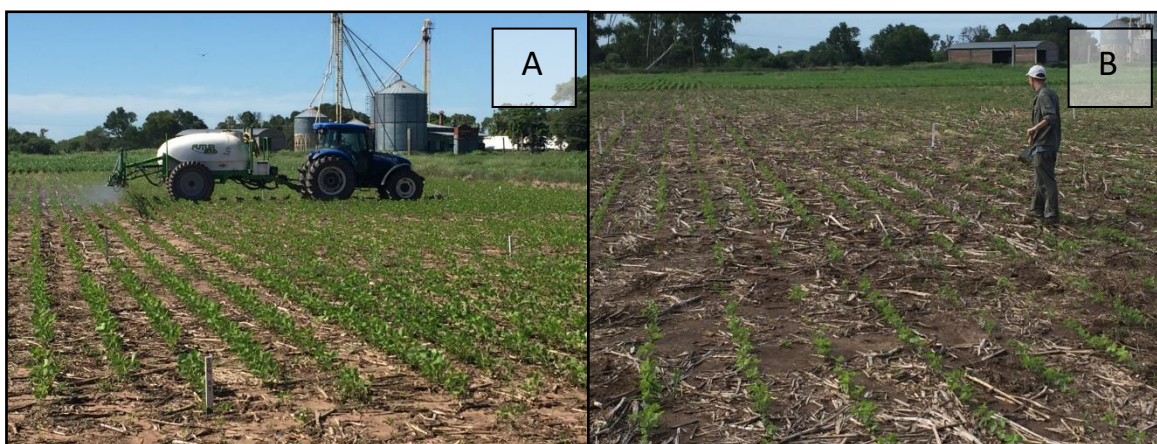


Figura 4. Controles de malezas realizados. A) Aplicación de Haloxifop R-metil (0,13 l/ha) + Glifosato (66%) 2 l/ha B) Desmalezado manual (21/01/2019).

Monitoreo y control de plagas

Teniendo en cuenta que las parcelas de control debían mantener su área foliar intactas para hacer un análisis comparativo con respecto a los distintos tratamientos de defoliación, se realizó un control preventivo el día 15 de enero de 2019, aplicando con una pulverizadora manual hidráulica (mochila pulverizadora) fipronil + tiametoxam únicamente en las parcelas

control (0% de defoliación). Además, ante la necesidad de conocer la dinámica poblacional de las larvas de lepidópteros defoliadores y de una vez alcanzado el umbral de daño que corresponde para cada tratamiento realizar el control pertinente, se programaron monitoreos recurrentes en las parcelas y conteo de individuos detectados. Esta actividad fue abandonada tiempo después debido a la escasa presencia de los insectos, llegando a registrarse en el mejor de los casos, un huevo o larva en toda la parcela de tratamiento, lo cual lógicamente resultó insuficiente para llegar a los niveles de defoliación preestablecidos por los tratamientos, ya que para esos momentos (8 de febrero de 2019) las plantas de la variedad DM62R63 ya se encontraban en R1. Posteriormente, una vez que se optó por una defoliación manual de las parcelas, se realizaron monitoreos de plagas mediante el método del paño, pero en esta oportunidad no se permitió el aumento poblacional de las plagas ya que interferirían con los tratamientos que se realizaron de manera mecánica. Se observó un incremento de chinches de los cuernos (*Dichelops furcatus*), por lo que se realizó una aplicación con Dinotefuran 70% (100 g/ha) el 8 de marzo del 2019. El 14 de marzo, se realizó un monitoreo para evaluar los efectos del insecticida, y mediante el método del paño se capturaron ejemplares que aparentemente eran chinches de los cuernos, pero mediante observaciones realizadas con una lupa en la sección de entomología del INTA, se determinó que en realidad se trataba de *Podisus nigrispinus*, una especie entomófaga que se diferencia de *D. furcatus* (entre otras cosas), por tener el aparato bucal más grueso, característico de chinches con dicho régimen alimenticio, descartándose la presencia de la plaga y confirmando de este modo el éxito del control Realizados (Figura 5).

En monitoreos posteriores se detectó un aumento de presencia de lepidópteros como la oruga de las leguminosas (*Anticarsia gemmatalis*) e

isoca medidora (*Rachiplusia nu*) y chinche de la alfalfa (*Piezodorus guildinii*), por lo que el día 21 de marzo se realizó una pulverización con Lambdacialotrina (25 %) 200 ml/ha + Dinotefuran (70 %) 200 g/ha, junto con Cletodim.



Figura 5. A) Huevo de *Rachiplusia nu* sobre hoja de soja, tomada durante el monitoreo del 08/02/2019; B) *Podisus nigrispinus* (ejemplar capturado a campo durante el monitoreo); C) *Dichelops furcatus*.

- Ver tabla de anexo donde se encuentran resumidas las aplicaciones destinadas a la protección del cultivo

Recolección, cría e inoculación de individuos de *Spodoptera frugiperda* a parcelas de tratamiento

Ante la problemática de bajas densidades poblacionales de lepidópteros defoliadores, necesarios para llegar a los niveles de daños propios de cada tratamiento, se programó la recolección de ejemplares de *Spodoptera frugiperda* en estadios L3-L4 (conveniente para que se produzca el consumo de hojas dentro de las parcelas de tratamiento y evitar el rápido empupado de estadios más avanzados) que se encontraban en un lote de maíz justo en frente de las parcelas de tratamiento, divididos solamente por una calle de acceso a las instalaciones del INTA. Una vez recolectados los insectos, se los colocaron individualmente (para evitar su hábito de canibalismo), y se les suministró durante 2 días hojas de soja recolectadas del cultivo trampa, para generar

un acostumbramiento al consumo de la leguminosa, ya que anteriormente su dieta se basaba en tejidos de maíz. Posteriormente se realizó la inoculación de las parcelas de tratamientos, colocando 12 individuos x metro lineal. Lamentablemente, la sobrevivencia de los insectos fue demasiado baja, obligando nuevamente a rediseñar el ensayo (Figura 6).

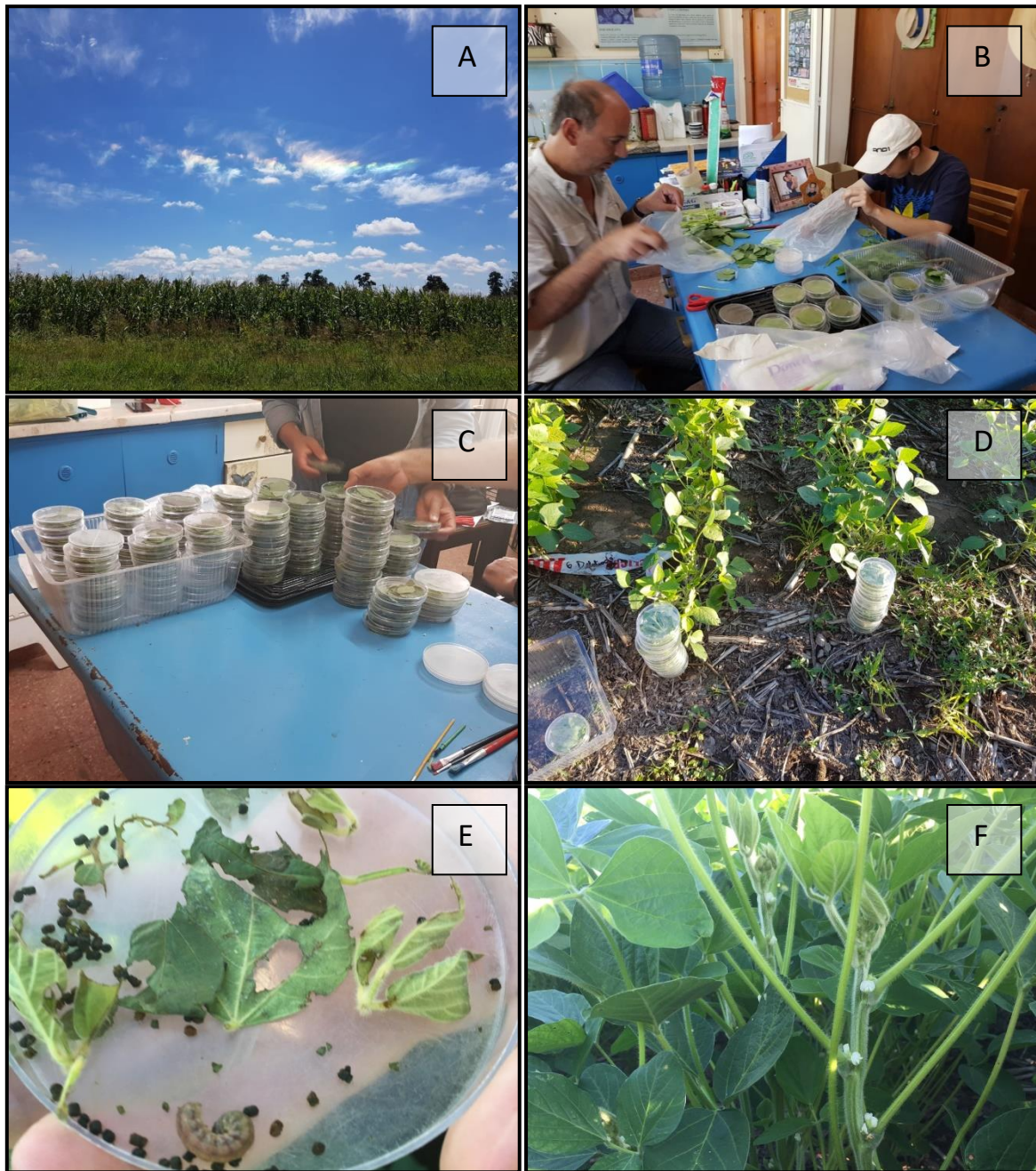


Figura 6. A) Lote de maíz de donde se capturaron las larvas de *Spodoptera* sp. B) Suministro de hojas de soja a las larvas. C) Larvas en cajas de Petri

listas para ser llevadas a campo. D) Inoculación de las parcelas (13/02/2019). E) Consumo de las hojas por parte de las larvas. E) Estado fenológico del cultivo al momento de la inoculación (R2; plena floración)

Defoliación artificial

Como se explicó anteriormente, y debido a la escasa supervivencia de los insectos colocados en las parcelas de los tratamientos, se optó por realizar una defoliación de manera artificial, por medio de unos caños con aproximadamente 1cm de diámetro que actuaban como sacabocados. Se replantearon los tratamientos a: 0 (control), 1, 2, 3 y 4 orificios por cada folíolo de todas las hojas trifoliadas de cada planta de soja, para ambas variedades y estadios fenológicos prefijados. Debido a la gran demanda de tiempo que conllevan estos nuevos tratamientos, las parcelas fueron redimensionadas a un menor tamaño para que el ensayo sea factible de realizar en los estadios fenológicos correspondientes; dicho tamaño fue cuatro líneas de un metro de longitud, a fin de evaluar un metro de cada uno de los dos líneas centrales (1,04 m²), y evitar el efecto en los resultados que pudieran generar los bordes de las parcelas (Figura 7). Debido a la falta de tiempo para realizar las perforaciones con sacabocados, al rápido desarrollo del cultivo y a la posibilidad de ampliar el rango de defoliación, se realizó en R4 y en R 5,2 para la variedad DM8473 una defoliación con tijeras cortando las hojas transversalmente desde su parte apical, definiendo los tratamientos a 5; 10; 20, y 50 % de defoliación con tijera en R4 y 0%, 20% y 50% en R 5,2 (Figura 8).



Figura 7. Personal del INTA y alumnos pasantes de la Facultad de Ciencias Agrarias U.N.N.E trabajando en la defoliación de las parcelas de tratamiento.

Para conocer el área foliar eliminada qué representaban dichos tratamientos, se tomaron muestras de 5 hojas de plantas de cada variedad (DM62R63 y DM8473) en tres estratos de las mismas (basal, medio e inferior) considerando las diferencias morfológicas que se dan entre las hojas en una misma planta de soja, haciéndose estas cada vez más lanceoladas a medida que se asciende sobre el tallo y la planta avanza en su desarrollo. Además se tomó en cuenta la diferencia de tamaño que pudiera haber entre los folíolos centrales y laterales de cada hoja trifoliada, considerando a los laterales como iguales.

Se escanearon las hojas muestreadas con y sin perforaciones y se analizaron las imágenes con **ImageJ**; un programa de procesamiento de imagen digital de dominio público desarrollado en el National Institutes of Health (EE.UU.) (Rueden, et al. 2017) (Figura 9).

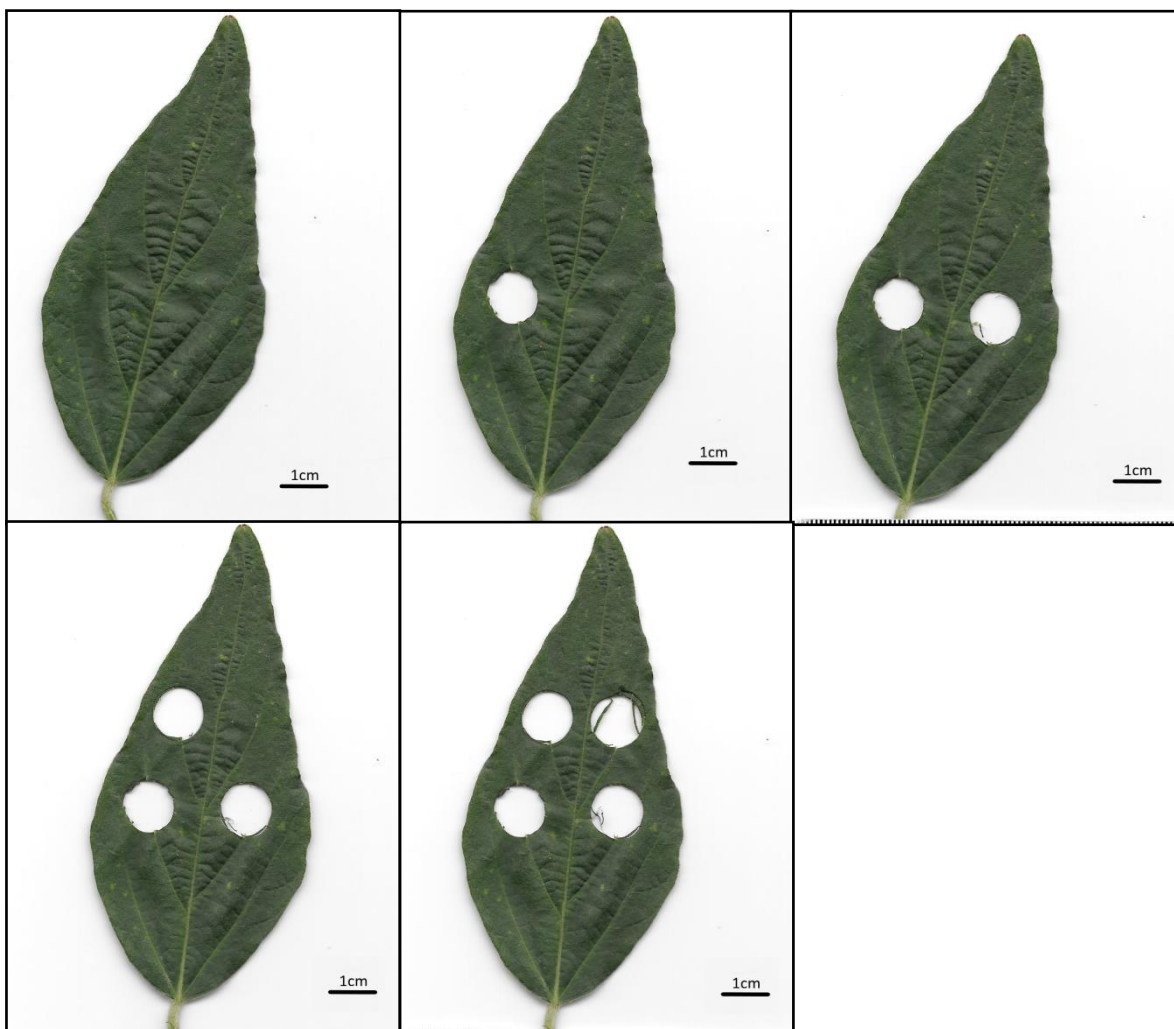


Figura 9. Imágenes de las sucesivas escaneadas entre perforaciones realizadas al folíolo medio de una hoja del estrato superior de una planta de la variedad DM62R63, utilizadas para determinar el porcentaje de defoliación de los tratamientos.

Del procesamiento de dichas imágenes se obtuvo la información expresada en las siguientes tablas 1 y 2.

Tabla 1. Cálculo de la superficie de folíolos de hojas tomadas en distintos estratos de las plantas pertenecientes a la variedad **DM62R63**.

Superficie foliar en cm² (Hojas del estrato superior)			
Nº de hoja	Folíolo medio	Folíolo lateral	Promedio
1	31,11	25,97	28,54
2	30,68	23,44	27,06
3	30,61	23,80	27,21
4	34,50	26,31	30,41
5	37,32	29,81	33,57
Superficie foliar en cm² (Hojas del estrato medio)			
1	45,17	50,62	47,90
2	62,29	57,43	59,86
3	55,76	45,44	50,6
4	50,81	39,35	45,08
5	49,39	47,10	48,25
Superficie foliar en cm² (Hojas del estrato inferior)			
1	39,75	36,90	38,33
2	38,11	33,17	35,64
3	31,61	27,52	29,57
4	35,21	30,58	32,90
5	37,29	32,75	35,02
Promedios totales	40,64	35,35	37,99

Tabla 2. Cálculo de la superficie de folíolos de hojas tomadas en distintos estratos de las plantas pertenecientes a la variedad **DM8473**.

Superficie foliar en cm² (Hojas del estrato superior)			
Nº de hoja	Folíolo medio	Folíolo lateral	Promedio
1	34,87	29,39	32,13
2	25,56	19,85	22,71
3	39,51	39,89	39,70
4	32,88	30,97	31,93
5	32,94	24,15	28,55
Superficie foliar en cm² (Hojas del estrato medio)			
1	52,79	43,83	48,31
2	50,03	45,23	47,63
3	50,16	47,00	48,58
4	52,24	49,70	50,97
5	54,97	42,31	48,64
Superficie foliar en cm² (Hojas del estrato inferior)			
1	37,74	30,43	34,09
2	35,57	35,23	35,40
3	39,41	41,45	40,43
4	41,93	35,69	38,81
5	37,73	35,84	36,79
Promedios totales	41,22	36,73	38,98

En las Tablas 1 y 2, se muestran las mediciones de superficie foliar obtenidas al analizar las imágenes provenientes de escaneos realizados a folíolos medios y laterales pertenecientes a 5 hojas trifoliadas tomadas por cada tercio de la planta para las variedades DM62R63 y DM8473 respectivamente. Nótese que, con la salvedad de casos puntuales, en ambas variedades la mayoría de folíolos medios de las hojas trifoliadas son más grandes que sus laterales, y a su vez las hojas del estrato superior son de menor superficie, seguido por el estrato basal, siendo la de mayor área las hojas correspondientes a la parte media de la planta.

En la tabla 3, se muestra el resultado del procesamiento hecho a 6 folíolos con el objetivo de determinar cuanta superficie foliar es removida con cada perforación. Primero los folíolos se escanearon sin realizar ninguna modificación, luego se les hicieron las sucesivas perforaciones con sus correspondientes escaneos (hasta 4 por folíolo) y se midió la superficie. Del análisis de los resultados se determina que en promedio se eliminó 0,965 cm² por cada perforación realizada a las hojas de soja.

Tabla 3. Cálculo del área defoliada por cada perforación de sacabocados. Las superficies están expresadas en cm² defoliado por orificio.

Rep.	Número de orificios realizados al mismo folíolo.									
	Sin orificios		1		2		3		4	
	Sup. folíolo	Sup. Def.	Sup. folíolo	Sup. Def.	Sup. folíolo	Sup. Def.	Sup. folíolo	Sup. Def.	Sup. folíolo	Sup. Def.
1	31,11	0	30,34	0,77	29,33	1,01	28,29	1,04	27,34	0,94
2	30,68	0	29,50	1,18	28,54	0,96	27,45	1,09	26,47	0,98
3	45,17	0	44,20	0,97	43,27	0,93	42,35	0,92	41,43	0,93
4	62,29	0	61,38	0,91	60,42	0,95	59,60	0,83	58,75	0,85
5	39,75	0	38,88	0,87	37,94	0,94	36,98	0,96	36,06	0,92
6	38,11	0	37,08	1,04	35,97	1,11	34,89	1,08	33,91	0,98
Defoliación promedio por cada perforación de lámina (cm ²)									0,965	

En la tabla 4, se calculó el porcentaje de defoliación que representa cada tratamiento, utilizando el área foliar promedio de los folíolos para cada variedad (Tablas 1 y 2) y el promedio de remoción de superficie foliar por cada orificio realizado (Tabla 3). El promedio entre ambas variedades reveló que se eliminaron aproximadamente 2,5% de superficie foliar por cada perforación.

Tabla 4. Cálculo del área defoliada según la cantidad de orificios realizados para las variedades DM62R63 y DM8473.

Nº de orificios	Superficie foliar (en cm ²)		
	Variedad DM62R63	Variedad DM8473	Promedio entre variedades
0	37,99	38,98	38,49
1	37,025	38,015	37,52
2	36,06	37,05	36,56
3	35,095	36,085	35,59
4	34,13	35,12	34,63
	Defoliación equivalente en %		
0	0	0	0
1	2,54	2,48	2,51
2	5,08	4,95	5,02
3	7,62	7,43	7,52
4	10,16	9,90	10,03

En lo que respecta a los tratamientos de defoliación con tijeras, para calcular qué porción de la hoja representa el porcentaje de defoliación de cada tratamiento, también se digitalizaron las hojas antes de ser cortadas y se procesaron las imágenes con el software mencionado, obteniéndose un esquema en el cual se representaba el área foliar a eliminar para lograr 5, 10, 20 y 50% de defoliación (Figura 10).

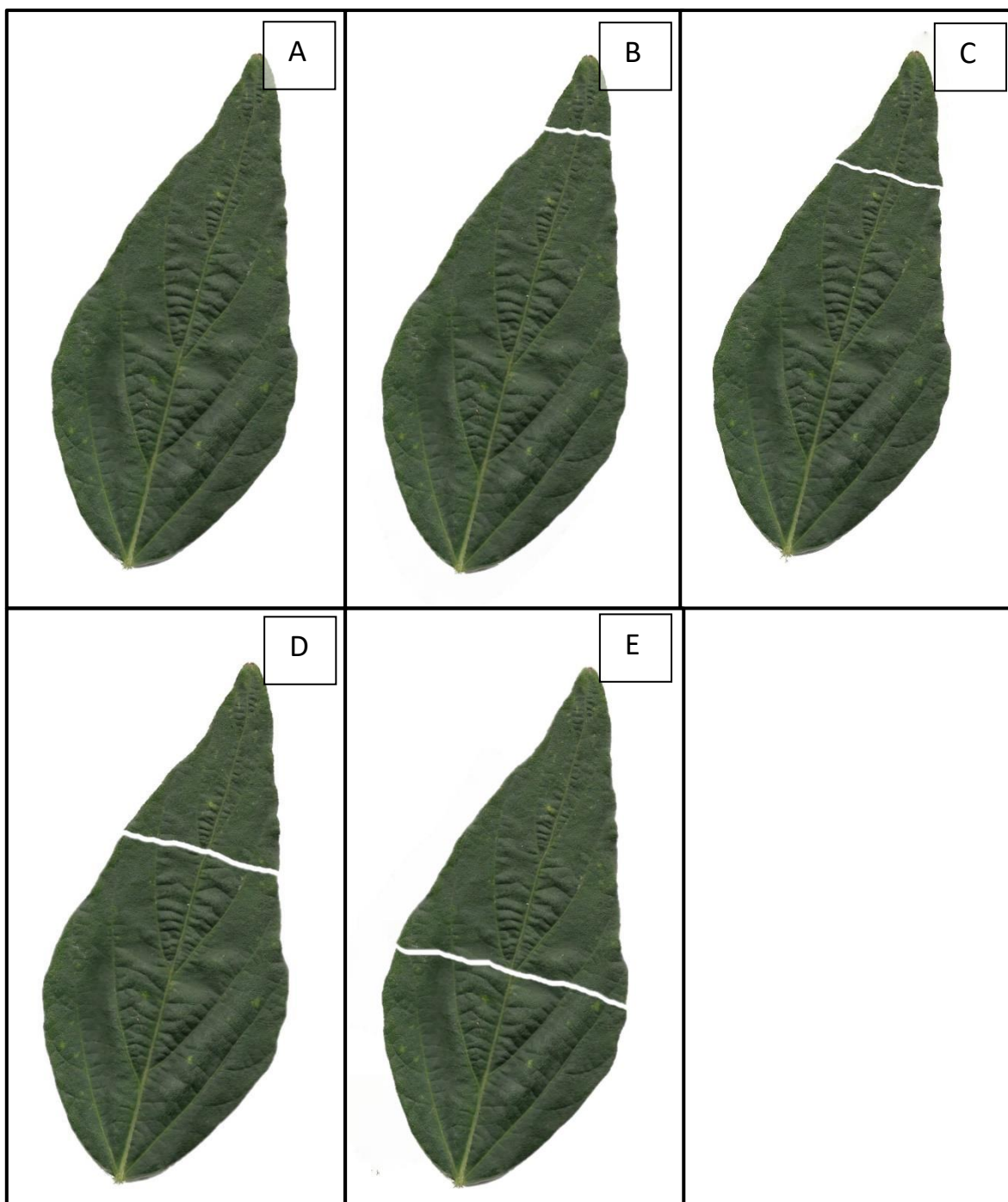


Figura 10. Esquema de porciones de hojas a extraer con tijeras para que representen los niveles de defoliación de los tratamientos. A) 0% B) 5% C) 10% D) 20% y E) 50%



Figura 8. Tratamientos de defoliación con tijera. A) 5%, B) 10%, C) 20% y D) 50% de defoliación.

Medición de interceptación de la radiación y determinación del IAF:

Luego de realizar los tratamientos de defoliación manual con sacabocados se midió la interceptación de la radiación con una barra de interceptación PAR en los distintos tratamientos de defoliación aplicados en las plantas de la variedad DM62R63, y en la cual no se pudo ver modificaciones respecto al % de radiación interceptada para los distintos tratamientos (Figura obteniéndose la información expresada en el siguiente gráfico:

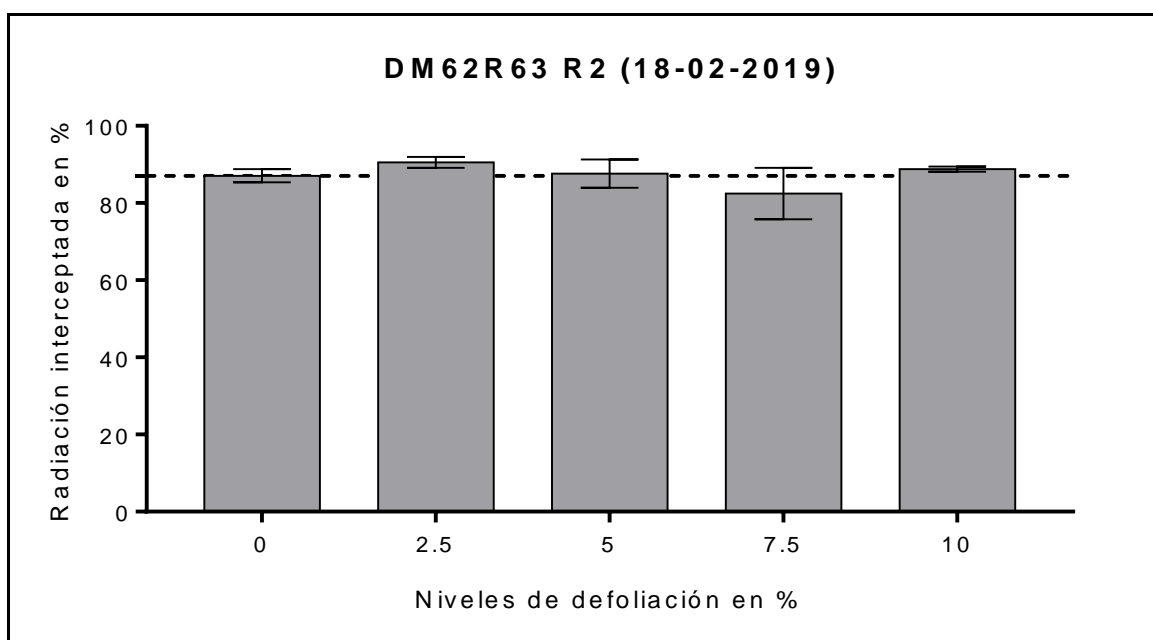


Figura 11. Interceptación de la radiación para los tratamientos: 0; 2,5; 5; 7,5 y 10 % de defoliación para la variedad DM62R63 en el estado fenológico R2 (plena floración).

Con la finalidad de determinar el Índice de área foliar (IAF) y confirmar la mayor fuente en DM8473, se cortaron tres muestras de todas las plantas en 1m² de superficie en las dos variedades utilizadas en lugares donde no se había realizado defoliación alguna. Esta tarea se realizó el 8 de abril de 2019 y consistió la determinación del área foliar de tres plantas de cada muestra mediante la utilización de un medidor de área foliar marca LICor 2000. Luego estas hojas fueron llevadas a estufa a 80°C hasta

peso constante para determinar el peso seco de las hojas de área conocida y se calculó el área específica de la hoja (AEH) haciendo el cociente de Ad/Wd , donde Ad es el área (producto del área de las hojas digitalizadas por el número de hojas) y Wd es el peso seco las hojas digitalizadas. Paralelamente en el resto de las plantas del 1 m² se extrajeron todas las hojas y se determinó el peso seco. Una vez obtenida el área específica de la hoja y el peso seco de las hojas presentes en un metro cuadrado, se calculó el índice de área foliar multiplicando el área específica por el peso seco de la hojas presente en un metro cuadrado. Además, durante la cosecha se registró el N° de nudos/planta y el N° de vainas/plantas, lo que nos permite realizar un análisis comparativo más exhaustivo entre las distintas variables (Figura 12).

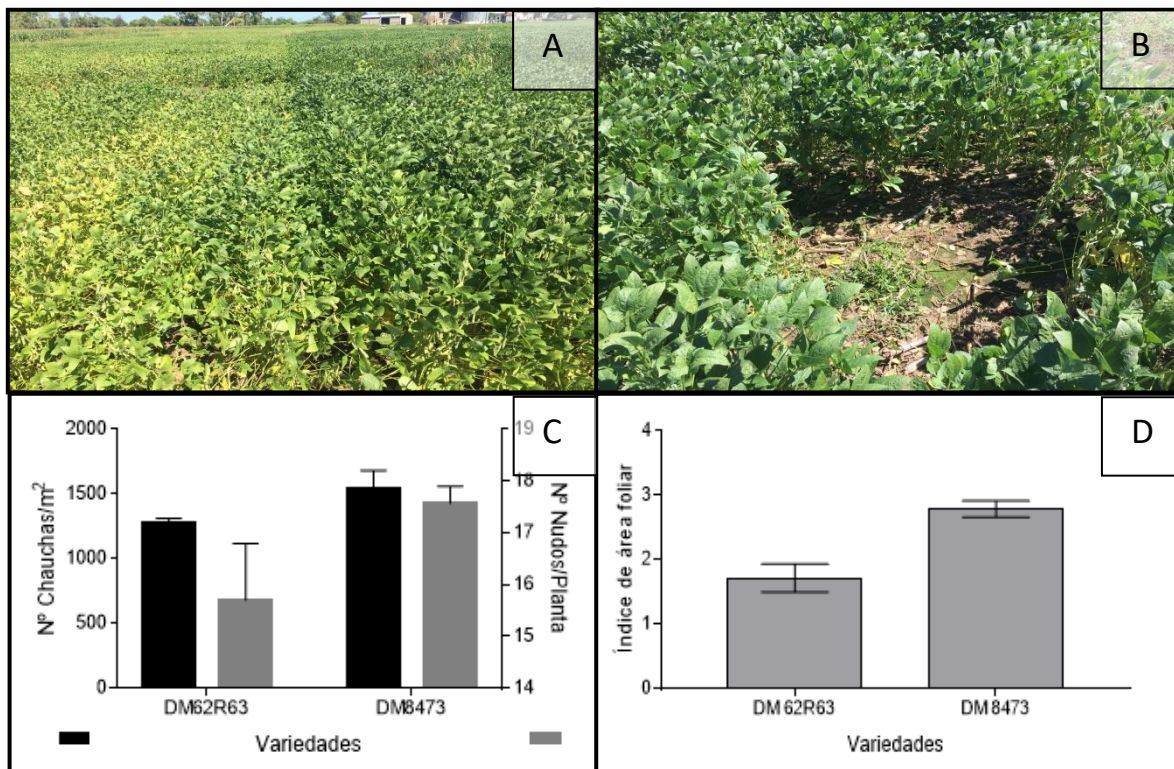


Figura 12. A) Estado del cultivo y vista de las dos variedades utilizadas (a la izquierda DM62R63 y a la derecha DM8473). B) Porción de parcela extraída para estimación de Índice de área foliar, número de nudos, número de chauchas e Índice de área foliar (fecha 8 de abril del 2019). C) Número de nudos por planta y chauchas por m² para las dos variedades utilizadas. D) Índice de área foliar para ambas variedades.

El IAF, el número de vainas por metro cuadrado y el número de nudos por planta fue mayor en la variedad DM8473 que la variedad DM62R63 (Figura 12 C; D). Este mayor área foliar, nudos desarrollados y vainas se debe a su ciclo más largo en el cual la diferenciación de estructuras reproductivas se demora por requerir días con menor cantidad de horas de luz.

Cosecha, secado y pesado de granos

La cosecha se realizó en forma manual el día 30/04/2019, cortando las plantas al ras del suelo con una tijera de podar en los dos líneas centrales de las parcelas de tratamiento. Estas fueron colocadas en bolsas con un rótulo de identificación del tratamiento correspondiente, y llevadas a la estufa para bajar y homogeneizar la humedad, ya que la cosecha se realizó con el grano húmedo una vez que este alcanzó la madurez fisiológica (R8), debido a que en la región registro un periodo de llovizna de un mes aproximadamente y los granos corrían riesgo de hincharse y caer de las vainas, brotar dentro de ellas o pudrirse. Una vez alcanzada la humedad adecuada, se extrajeron los granos de las vainas manualmente, se contaron y pesaron para calcular los rendimientos de los distintos tratamientos y el peso de los granos (Figura 13 A, B).



Figura 13. A) Cosecha de las parcelas y B) detalle de algunas hojas en los que se puede ver el tratamiento realizado (Fecha 30 de abril del 2019).

Análisis del rendimiento

Para las dos variedades utilizadas se analizó el rendimiento en granos por metro cuadrado, el número de granos por metro cuadrado y el peso de 1000 granos. En el caso de la variedad DM 62R63 se realizaron tratamientos de defoliación de 0; 2,5; 5; 7,5 y 10 % (sacabocados) en los momentos R2, R4 y R5,2. En la variedad GM8473 los tratamientos de defoliación fueron 0; 2,5; 5; 7,5; y 10 % (sacabocados) en los momentos R2 y R4, mientras que en R4 y R5,2 los tratamientos fueron 0; 5; 10; 20 y 50 % de defoliación (con tijeras).

En la figura 14 se puede observar los resultados obtenidos para los distintos porcentajes de defoliación realizados en relación al rendimiento, número de granos y peso de 1000 granos para la variedad DM62R63. Los valores de p obtenidos para las distintas regresiones lineales nos indican que no habría una relación entre la defoliación y el rendimiento en ninguno de los tres momentos fenológicos realizados. Estos resultados nos indicarían que los niveles de defoliación realizados (hasta 10 % de área foliar) son insuficiente para producir disminuciones en el rendimiento obtenido en esta variedad y para este nivel de rendimiento.

Los resultados obtenidos en la variedad DM8473 para los momentos de defoliación R2 y R4 se muestran en la figura 15. Los tratamientos con sacabocados de 0, 2,5, 5, 7,5 y 10 % de defoliación en los estadios fenológicos R2 (Figura 15 A, D, G) y R4 (Figura 15 B, E, H), no presentaron pendientes distintas de cero en todas la variables estudiadas y evidenciado a través de su valor de $P > 0,05$. Al igual que la variedad DM 62R63 la falta de relación entre la defoliación y el rendimiento y sus componentes se podría deber al bajo porcentaje de defoliación evaluado en estos dos momentos. Para esta misma variedad, DM 8473 e igual momento R4, pero con niveles de defoliación mayores se lograron pendientes significativas para el rendimiento y para el número de granos (Figura 15 C; F). Para los tratamiento realizados con tijeras en R4 se puede observar una disminución del rendimiento a medida que aumenta el porcentaje de defoliación (P valor = 0,0098) lo que determinaría una

pérdida de 18 kg/ha para cada porcentual de defoliación en el cultivo en estado de (R4) fin de formación de vainas (Figura 15 C). Esta disminución del rendimiento por unidad de superficie fue afectada principalmente por una disminución del número de granos el cual disminuyó 111 granos por ha por cada porcentaje de defoliación ($P=0,047$) (Figura 15 F), mientras que el peso de los 1000 granos no fue afectado (Figura 15 I).

En la variedad DM8473 y estado fenológico de R 5,2 (tratamientos con tijera) se puede observar una disminución del rendimiento ($P=0,1106$) y sus componentes, número de granos ($P= 0,496$) y peso de 1000 granos ($P= 0,6243$) aunque ésta no fue significativa (Figura 16 A, B, C).

Si bien estos resultados son solo de un año de experimentos, los mismos nos permitirían pensar que serían necesario porcentajes de defoliación superiores al 10 % para producir disminuciones significativas del rendimiento independientemente del tamaño de la fuente. El estado de mayor susceptibilidad evaluado para la variedad de GMVIII fue R4 (fin de formación de vainas), aunque se necesitarían más ensayos para poder confirmar estos resultados.

Figura 14. Rendimiento expresado en gramos/m², número de granos/m² y peso de 1000 granos obtenido para la variedad de DM62R63 y en tres momentos de defoliación (R 2; R 4 y R 5,2).

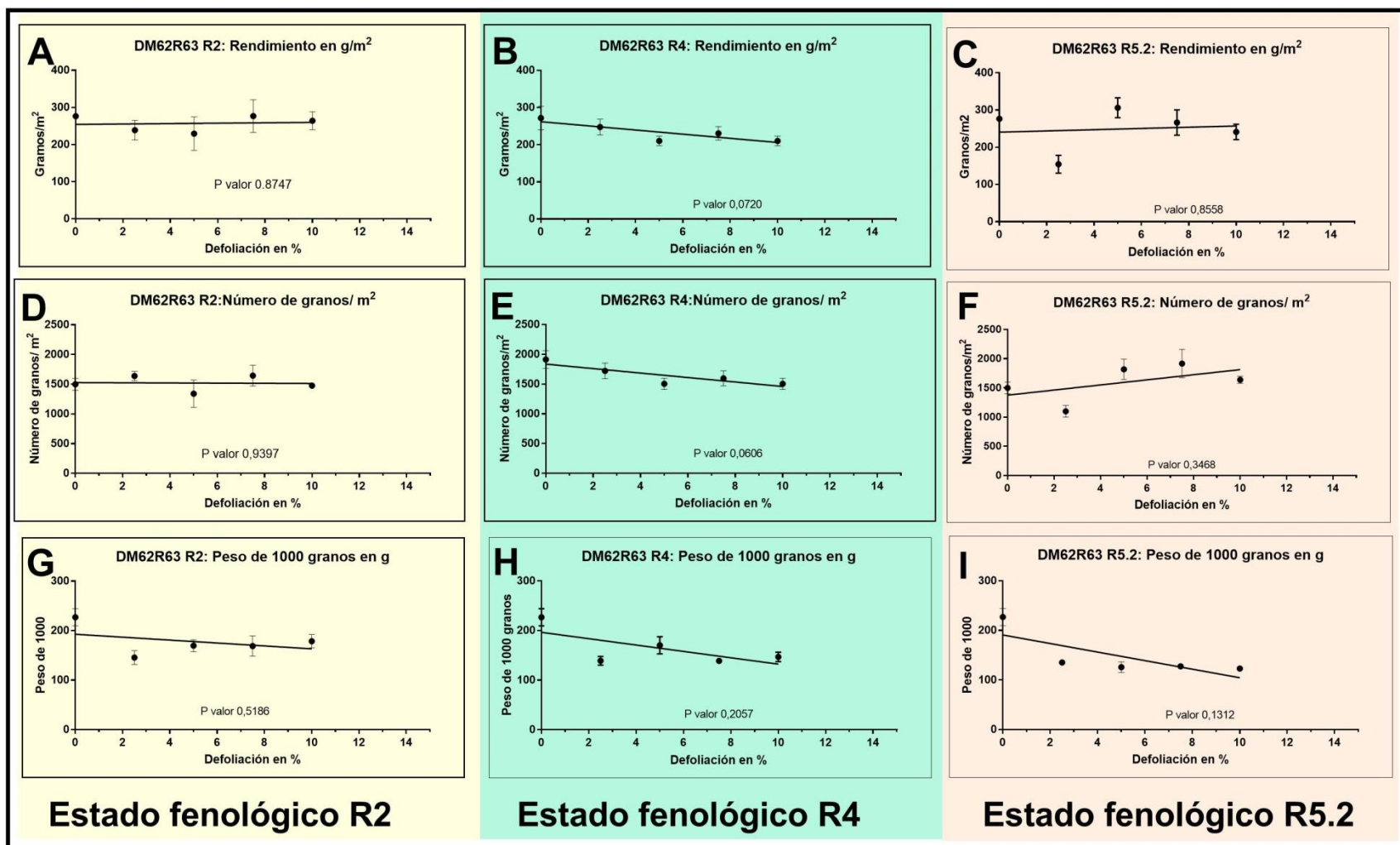


Figura 15. Rendimiento expresado en gramos/m², número de granos/m² y peso de 1000 granos obtenido para la variedad de DM8473, en dos momentos de defoliación (R2 y R4) y bajo dos sistemas de defoliación (con sacabocados en A; B; D; E; G, y H y con tijeras en C, F e I).

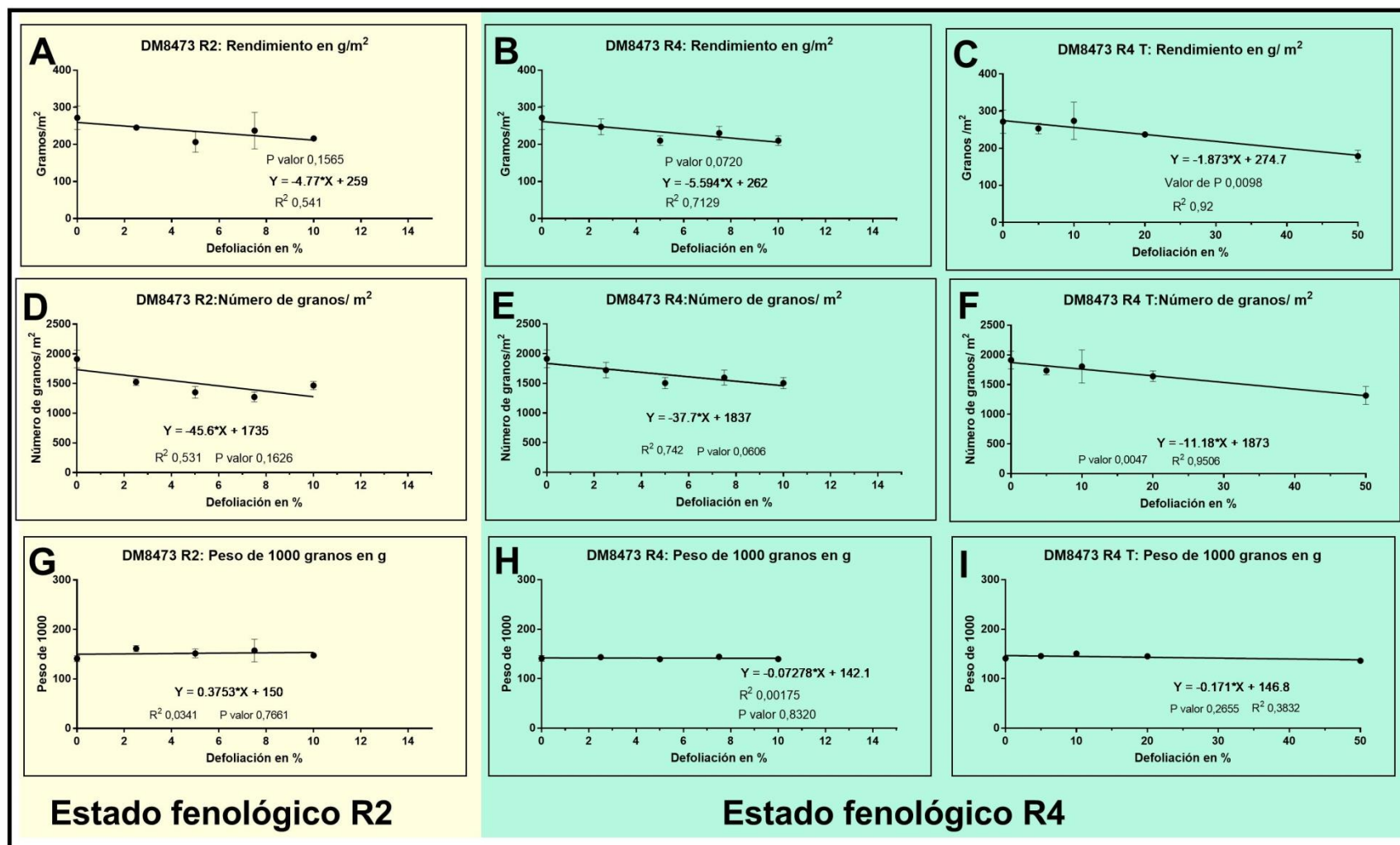
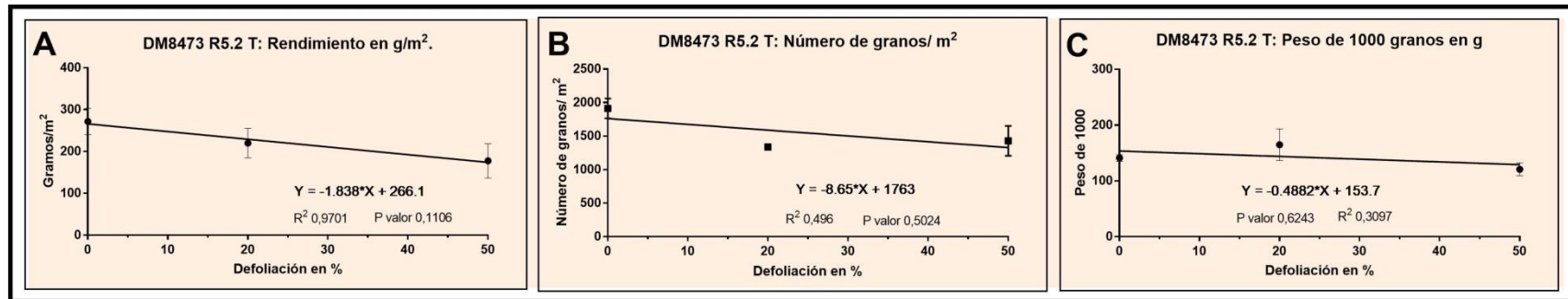


Figura 16. Rendimiento expresado en gramos/m², número de granos/m² y peso de 1000 granos obtenido para la variedad de DM8473 en R 5,2 Defoliación realizada con tijera.



Conclusiones

Para una misma fecha de siembra la variedad de mayor ciclo de madurez permitió generar mayor índice de área foliar.

Serían necesarios porcentajes de defoliación superiores al 10 % para producir disminuciones significativas del rendimiento en los estados fenológicos evaluados, independientemente del tamaño de la fuente.

Con gradientes de defoliación hasta el 50 % de defoliación se lograrían disminuciones significativas del rendimiento por lo cual próximos ensayos deberían considerar llegar hasta el 50 % de defoliación.

El estado de mayor susceptibilidad evaluado para la variedad de GMVIII fue R4 (fin de formación de vainas).

Referencias bibliográficas

Bolsa de Cereales de Buenos Aires. 2019. Informe Cierre de Campaña Soja 2018/19. Departamento de Estimaciones Agrícolas Bolsa de Cereales 4 de julio de 2019).

Hymowitz y Singh, 1987.

Kuckuck, Kobabe y Wezel, 1991)

Smith y Huyser, 1987.

(INFORME CIERRE DE CAMPAÑA SOJA 2018/19 - Departamento de Estimaciones Agrícolas Bolsa de Cereales 4 de julio de 2019).

Satorre, E. H., Bench Arnold, R. L., Slafer, G. A., De la Fuente, E. B., Mirales, D. J., Otegui, M. E., Savin, R. 2003. Producción de granos: Bases funcionales para su manejo. (pp. 178; 563) Editorial Facultad de agronomía de Buenos Aires.

Fehr, W.R., Caviness, C.E. 1977. Stages of soybean development. Special Report 80. Iowa State University, Ames, Iowa. 11p.

Pedigo, L. P.1989. Entomology and pest management. Macmillan, New York.)

Mauricio, R., Rausher, M., Burdick, D.S. 1997. Variation in the defense strategies of plants: Are resistance and tolerance mutually exclusive? Ecology 78: 1301-131.

Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C. 2017. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. BMC Bioinformatics 18:529, PMID 29187165, doi:[10.1186/s12859-017-1934-z](https://doi.org/10.1186/s12859-017-1934-z) ([on Google Scholar](#)).

Opinión del asesor

El Sr. Fernando Emanuel Ortiz ha trabajado activamente en el desarrollo de las actividades descriptas en el presente informe. Su desempeño ha sido destacable debido al gran compromiso y dedicación en lo referente a las actividades descriptas en esta pasantía, como así también en otros ensayos llevados adelante por el grupo de trabajo. Lo más destacable de este trabajo final de graduación ha sido la gran variedad de actividades realizadas como ser inoculación de insectos, defoliación manual, cosecha, mapeos de plantas y análisis de los componentes del rendimiento e interpretación de sus resultados. Entendiendo que este conjunto de actividades ha significado una experiencia de aprendizaje importante para un alumno que tiene especial interés en trabajar en la zona y en la cual el cultivo de soja es de suma importancia. Entre las capacidades demostrados por el Sr. Ortiz es importante destacar su habilidad de enfrentar, resolver situaciones complejas y predisposición al aprendizaje de nuevas tecnologías.

En conclusión el Sr. Fernando Emanuel Ortiz ha realizado un excelente trabajo final de graduación, a través del cual ha adquirido experiencia profesional en la realización de ensayos de soja e incursión en la evaluación del efecto de la defoliación sobre el rendimiento y sus componentes, alcanzándose de esta manera el objetivo de esta pasantía en el INTA.

Anexo:

1) Aplicaciones realizadas en el marco de protección del cultivo.

<u>Fecha</u>	<u>Control realizado</u>
21/12/18	glifosato (66%) 2 l/ha + saflufenacil 35 g/ha.
15/01/19	Fipronil (20%) 20 ml/ha + Tiametoxam (25%) 80 g/ha (mochila).
21/01/19	Haloxifop (54%) R-metil (0,13 l/ha) + Glifosato (66%) 2 l/ha
08/03/19	Dinotefuran 70% (100g/ha).
21/03/19	Lambdacialotrina (25 %) 200 ml/ha + Dinotefuran (70 %) 200 g/ha + Cletodim (12%) 1,20 l/ha