

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTUDIO DEL EFECTO DE DOSIS Y MOMENTO DE APLICACIÓN DEL
REGULADOR DE CRECIMIENTO (MODDUS) EN PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE
FESTUCA Y RAIGRAS

por

Juan Ignacio ARAMENDIA GAMBETTA

Mateo MARI CARBAJALES

Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO

URUGUAY

2022

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a: Ing. Agr. (MSc). Carlos Rossi

Tribunal: Ing. Agr. Silvana Noell

 Ing. Agr. (PhD). Javier Garcia

 Ing. Agr. Alfredo Silbermann

Fecha: 17 de noviembre de 2022

Autor: Juan Ignacio Aramendía Gambetta

 Mateo Mari Carbajales

AGRADECIMIENTOS

- A nuestro tutor Carlos Rossi y a la profesora Silvana Noel por la orientación y dedicación brindada durante el transcurso del proyecto
- Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) estación experimental “La Estanzuela” por permitirnos la realización de la tesis.
- A los productores Gustavo Leban de “La Esperanza”, Diego García Noutary y sus hermanos de “La Favorita” y Juan Miguel Pastorini de la firma María Elena srl por abrirnos las puertas de sus establecimientos.
- Al personal del área de semillas de “La Estanzuela”, Rafael Clavijo, Elda Thiebaud, Martín Lemes, Leonel González y Marcelo Silva por el trabajo a campo.
- A Liliana Benedetto por la ayuda en el laboratorio de semillas.
- Al Ing. Agr. Santiago Miguel (Pgg wrightson seeds) y al Ing. Agr. Federico Pereira (Syngenta) por darnos una mano con los insumos y datos de cada campo.
- Al personal de biblioteca de Facultad de Agronomía
- A nuestras familias y amigos por el apoyo brindado en el proceso

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 MERCADO Y PRODUCCIÓN DE SEMILLA	4
2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES	6
2.2.1 Características generales de <i>Festuca arundinacea</i>	6
2.2.1.1 Descripción del cultivar utilizado	8
2.2.2 Características generales del <i>Lolium multiflorum</i>	9
2.2.2.1 Descripción del cultivar utilizado	11
2.3 PRODUCCIÓN DE SEMILLAS FORRAJERAS	11
2.3.1 Características principales de la producción de semilla forrajera en Uruguay	11
2.3.2 Componentes del rendimiento	12
2.3.2.1 Número de inflorescencias	14
2.3.2.2 Número de flores por inflorescencia	16
2.3.2.3 Porcentaje de flores fértiles	16
2.3.2.4 Peso de semilla	17
2.3.3 Características generales del manejo de semilleros forrajeros	18
	IV

2.3.3.1 Época y método de siembra	18
2.3.3.2 Manejo de la nutrición	19
2.3.3.3 Control de malezas	22
2.3.3.4 Manejo del pastoreo y fecha de cierre	24
2.3.3.5 Métodos y momento de cosecha	26
2.4 REGULADOR DE CRECIMIENTO	27
2.4.1 Clasificación de los reguladores de crecimiento (PGR)	27
2.4.2 Información general sobre el efecto del regulador del crecimiento	29
2.4.3 Características de manejo del regulador de crecimiento (PGR)	31
2.4.1.2 Utilización del regulador de crecimiento en <i>Festuca arundinacea</i>	32
2.4.2.2 Utilización del regulador de crecimiento en <i>Lolium multiflorum</i>	33
3. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1 UBICACIÓN	37
3.2 DESCRIPCIÓN DEL CLIMA EN SITIOS EXPERIMENTALES	37
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	40
3.4 MANEJO DE LOS SEMILLEROS	43
3.4.1 Festuca con riego (Predio “La Favorita”)	43
3.4.2 Festuca seco (Predio “La Esperanza”)	44
3.4.3 Raigrás con riego (Predio “La Rinconada”)	45
3.5 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO EN EL LABORATORIO	46
3.5.1 Potencial	46
3.5.1.1 Unidad de trabajo y objetivo	46
	V

3.5.1.2	Proceso de limpieza	46
3.5.1.3	Determinación de los parámetros de calidad	46
3.5.2	Rendimiento de chacra	47
3.5.2.1	Unidad de trabajo y objetivo	47
3.5.2.2	Proceso de limpieza	47
3.5.2.3	Determinación de parámetros de calidad de semillas	48
3.5.3	Determinación de pérdidas de semilla	48
3.5.3.1	Unidad de trabajo y objetivo	48
3.5.3.2	Proceso de limpieza	48
3.5.4	Determinación de la producción de materia seca total a cosecha, el índice de cosecha y altura de las plantas.	49
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	49
3.6.1	Modelo estadístico	49
4.	RESULTADOS	51
4.1	POTENCIAL	51
4.1.1	Inflorescencias/m ²	51
4.1.2	Potencial: kg/ha semilla limpia	52
4.2	RENDIMIENTO DE CHACRA	53
4.3	PÉRDIDAS	57
4.4	MATERIA SECA TOTAL A COSECHA	59
4.5	ALTURA DE PLANTAS	60
5.	DISCUSIÓN	62
5.1	ENSAYOS DE FESTUCA ARUNDINACEA CV. RIZAR	63
		VI

5.2 ENSAYO EN LOLIUM MULTIFLORUM CV. INIA ESCORPIO	73
6. CONCLUSIONES	78
7. RESUMEN	79
8. SUMMARY	81
9. BIBLIOGRAFÍA	83

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.

1: Número de Inflorescencias/m ² para los tres ensayos.....	51
2: Potencial de kg/ha limpios para los tres ensayos.	52
3: Calidad de la semilla (Potencial) evaluado como Poder germinativo (PG) y peso de mil semillas (P1000) para los tres ensayos.	53
4: Rendimiento de semilla (kg/ha limpios) y % de rendimiento de maquinación para los tres ensayos.....	54
5: Calidad de la semilla evaluada como Poder germinativo (PG) y peso de mil semillas (P1000) para los tres ensayos.....	57
6: Cuantificación de las pérdidas de semilla (kg) en tres momentos Pre (pre cosecha), Hil (hilera), Pos (post cosecha) y PC (total de pérdidas en cosecha) para los tres ensayos.	58
7: Producción de Materia Seca Total a Cosecha para los tres ensayos.	60
8: Altura de Festuca Rizar sin riego.....	60
9: Altura de Festuca Rizar con riego.	61
10: Altura de Raigrás Escorpio con riego.	61
11: Resultados de Rendimiento de semilla y Peso de 1000 de los ensayos de Festuca arundinacea (cv. Rizar) a nivel de Potencial y Rendimiento en chacra.....	68
12: Análisis de los ensayos de Festuca arundinacea (cv. Rizar) destacando los parámetros utilizados para calcular el potencial de producción.....	71
13: Pérdidas totales en el proceso de cosecha de los ensayos de Festuca arundinacea (cv. Rizar).....	72

14: Rendimiento de semilla y espigas (Tallos/m ²) de INIA Escorpio y Número de semillas por m ² y por inflorescencia	77
---	----

Figura No.

1: Temperaturas y precipitaciones del periodo en estudio (Jul-Dic 2020) contrastado con los promedios históricos (1961-1990) para la zona de Mercedes.	39
2: Temperaturas y precipitaciones del periodo en estudio (Jul-Dic 2020) contrastado con los promedios históricos (1961-1990) para la zona de Paysandú.	40
3: Plano de los ensayos de cada campo (sin ajustar tamaños de parcelas). La Esperanza (LE), La Favorita (LF) y La Rinconada (LR).	42
4: Plano de los ensayos de cada campo mostrando el área de cada parcela. La Esperanza (LE), La Favorita (LF) y La Rinconada (LR).	43
5: Efecto de las dosis de Moddus sobre el peso de mil semillas (P1000) y el potencial germinativo (PG %) para el caso de Festuca Rizar con riego (LF).....	54
6: Efecto de las dosis de Moddus en peso de mil semillas (P1000) y el potencial germinativo (PG %) para el ensayo de festuca Rizar de secano (LE).	55
7: Efecto de los tratamientos de Moddus en peso de mil semillas (P1000) y germinación (PG %) para el ensayo de raigrás anual (LR).	56

1. INTRODUCCIÓN

La Festuca (*Festuca arundinaceae*, Schreb.) y el Raigrás anual (*Lolium multiflorum*, L.), son especies forrajeras de muy buena productividad, utilizados en Uruguay principalmente bajo pastoreo por la actividad pecuaria: carne, leche y lana. Por esta razón, la producción de semilla de estas especies tiene una gran importancia en el desarrollo de la principal actividad agropecuaria a nivel del país, y su demanda en Uruguay va a depender principalmente de la demanda de forraje por parte de los sistemas pecuarios más intensivos, siendo festuca y raigrás de las especies más utilizadas.

La producción de semillas fue durante muchos años un subproducto de la producción de forraje. Baja tecnología, mercado poco regulado y pocas alternativas productivas fueron las situaciones más comunes en esta actividad. Normalmente, los agricultores solían prestar atención a los semilleros desde el último pastoreo hasta la cosecha, y la mayor parte del trabajo para alcanzar los estándares de semillas se realizaba en el proceso de limpieza (Rossi, 2017).

Una de las limitantes del rubro sería que, bajo ciertas condiciones de crecimiento, como alta humedad del suelo, ya sea por lluvia excesiva o por riego, acompañada de una alta disponibilidad de N, la estructura de la planta no puede soportar el peso creciente de la espiga y la semilla en desarrollo. Como resultado, la planta vuelca por su propio peso (Chastain et al., 2014). Por otra parte, un extenso periodo de floración como se da en la mayoría de las especies forrajeras, presenta un efecto negativo desde distintos puntos de vista, entre otros, la pérdida de semilla debido a la variación en la fecha de maduración, lo que implica la pérdida de semilla que madura temprano cuando se retrasa la cosecha y una proporción alta de semillas verdes inmaduras cuando las inflorescencias tardías se cosechan precozmente (Hebblethwaite, 1983). Históricamente, los rendimientos promedio que se obtenían eran bajos en relación al potencial de las

especies, pero existían productores que normalmente obtenían rendimientos muy superiores al promedio (García et al., 1991).

Existen cambios en el manejo de cultivos que incluyen estrategias para mejorar la pureza de las semillas y reducir las pérdidas por limpieza mediante el uso de herbicidas, la selección de potreros, cultivos monitoreados de cerca en el momento de corte/hilerado e inversiones en equipos modernos en el proceso de cosecha y acondicionamiento de la semilla. Una mejor comprensión de las necesidades nutricionales de los cultivos para el rendimiento de semillas, en particular el papel del nitrógeno, el manejo del pastoreo y el riego, han proporcionado avances significativos en los potenciales actuales (Mari et al., 2017).

Sumado a lo mencionado anteriormente, existen reguladores del crecimiento de las plantas como el trinexapac-etil (TE), que se ha adoptado ampliamente para su uso como agente de control del vuelco en la producción de semillas de varias especies forrajeras en USA (Oregon) y Nueva Zelanda. Su principal función es reducir la longitud del tallo y engrosar sus paredes, reduciendo el vuelco y de esta forma ayudar a aumentar el rendimiento de semillas (Chastain et al., 2014). Si bien existen algunos resultados nacionales en cuanto a la utilización del TE, no existe ninguno que lo haga a escala comercial donde se podrían llegar a detectar diferencias que no se detectan a nivel de parcelas.

La información generada permitirá seguir avanzando en conocer la utilidad de esta tecnología para la producción de semilla de estas especies para Uruguay.

Este trabajo podría favorecer directamente a los productores semilleros, a las empresas de semilla e indirectamente a los productores de la actividad pecuaria asegurando la disponibilidad de semilla y quizás un menor precio de la misma.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del uso del regulador de crecimiento Moddus, tanto en dosis como en el momento de aplicación, en semilleros de festuca y raigrás anual. Dichos efectos cuantificados en la altura de plantas, el potencial de producción de semilla y sus componentes de rendimiento, el rendimiento de semilla a escala, en la calidad de la semilla, y, por último, obtener una estimación de las pérdidas de semilla en el proceso de cosecha.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 MERCADO Y PRODUCCIÓN DE SEMILLA

Históricamente, el sector semillerista uruguayo se ha visualizado como proveedor de la demanda interna, y no como exportador, a pesar de la oportunidad de crecimiento que podría significar para el sector y para el país (Maranges, 2019). Según la encuesta hecha por el MGAP. DIEA (2021), el uso de semilla en el año 2020 fue el 62% de origen nacional y el 31% reservada por el productor. Solo un 7% tiene origen importado.

El desafío de mantener la producción de semillas forrajeras en la misma tierra donde un agricultor podría producir cultivos muy competitivos económicamente y con menos complejidad de manejo, es un objetivo permanente y solo se puede lograr con mayores rendimientos de semilla. En un contexto favorable de precios para la ganadería, sumado a la necesidad de incorporar pasturas debido a los Planes de Uso y Manejo de Suelos asociados a la actividad agrícola (MGAP. DIEA, 2021), la producción de semillas forrajeras se transformó en una actividad cada vez más atractiva y fundamental para sustentar esta demanda (Maranges, 2019).

Con respecto al uso de *Lolium multiflorum*, se puede afirmar que es la especie forrajera más utilizada en Uruguay, siendo el principal verdeo de invierno elegido por los productores. Por otra parte, la festuca es la gramínea perenne más utilizada en Uruguay y el consumo nacional de esta especie ha aumentado considerablemente en los últimos años (Maranges, 2019). De un total de 771.000 hectáreas sembradas para uso forrajero, 24% corresponden a raigrás y 11% a festuca (ANDE, 2018).

Según MGAP. DIEA (2021), el área sembrada para producción de semilla nacional certificada en la zafra 2020/2021 fue de 82.826 hectáreas, de las cuales 43.428 hectáreas correspondieron a gramíneas forrajeras. Dentro de ésta, 18.179 hectáreas fueron de raigrás, lo que representó un 43%, mientras que para festuca

se registraron 11.797 hectáreas lo que representó un 27% del área total de gramíneas forrajeras. Entre ambas especies se registró el 70% del área sembrada para producción de semillas de gramíneas forrajeras lo que muestra la importancia de las mismas. El mercado nacional de festuca promedió 1.152 toneladas en el período 2005-2020, pero particularmente en los últimos tres años, 2018-2020, ese mercado fue de 1.985 toneladas. Por otra parte, en el mismo periodo 2005-2020, el raigrás tuvo un promedio de 13.655 toneladas y en los últimos tres años 2018-2020 el promedio fue de 8.889 toneladas (INASE, 2022). La información se obtuvo a través de la consulta en la pestaña “Comercio local”, y seleccionando los filtros adecuados).

De acuerdo con Fonseca (2021) a partir de 2015 hubo un salto en la exportación de semillas forrajeras, la cual prácticamente se duplicó para llegar a unas 11.200 toneladas, principalmente a Europa y a Brasil, entre otros mercados.

En cuanto a las exportaciones de festuca, las mismas han aumentado en los últimos años. Un punto para destacar es que el 100 % de la semilla que se exporta corresponde a cultivares protegidos, por lo tanto, son exportaciones que satisfacen demandas de determinadas características específicas, lo cual requiere un trabajo previo de valorización en el mercado de destino. A diferencia del caso festuca, a partir de la implementación de la certificación obligatoria en gramíneas forrajeras, entre ellas el raigrás anual, este ha aumentado significativamente sus exportaciones de semilla categoría comercial, como producto de excedentes generados y rechazos del proceso de certificación (INASE, citado por Maranges, 2019). Cabe destacar que el negocio de raigrás en el mundo corresponde a un negocio de commodity, dónde no es relevante el cultivar comercializado, siendo, por lo tanto, su principal característica el ser un negocio de volúmenes determinado por el precio. Se puede afirmar que la producción de semilla tanto de festuca como de raigrás es altamente dinámica e influenciada por los cambios constantes que ocurren tanto en el mercado local como en el internacional (Maranges, 2019).

Si bien Uruguay ofrece una serie de ventajas competitivas para desarrollar el negocio semillerista (marco regulatorio moderno y confiable, capacidad técnica, infraestructura y organizaciones articuladas), el hecho de no contar con las mejores condiciones climáticas, sumado al limitado desarrollo tecnológico, hace obtener rendimientos por debajo de los que obtienen los principales competidores, con el agregado de una gran variabilidad interanual en los rendimientos. Si a esto le agregamos los elevados costos asociados, y la rentabilidad de las opciones alternativas de uso de la tierra, se podría afirmar de que se trata de una actividad desafiante para llevar adelante (Maranges, 2019).

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

2.2.1 Características generales de *Festuca arundinacea*

La *Festuca arundinacea* Schreb. es la especie del género *Festuca* de mayor relevancia. Es originaria de Europa, lugar desde donde se introdujo a América (Ortega y Romero, 1992a). Es la gramínea forrajera invernal perenne más usada en Uruguay (Formoso, 2010). Se adapta mejor a suelos fértiles, profundos, pesados o más húmedos, siendo tolerante tanto a suelos ácidos como alcalinos. Su extenso sistema de raíces le permite tolerar mejor, tanto la sequía como períodos de anegamiento (Stewart et al., 2014, Carámbula, 2002). Está bien adaptada para producir cosechas de semillas fiables en un país que experimenta variaciones climáticas extremas, que van desde lluvias intensas hasta sequías (Mari et al., 2017).

La festuca tiene buena precocidad otoñal, rápido rebrote de fines de invierno y floración temprana (septiembre-octubre). Admite pastoreos relativamente intensos y frecuentes, presenta una muy buena persistencia y es buena productora de semillas bajo buena fertilidad (Carámbula, 2002). Se establece más rápido en suelos cálidos, por lo que debe sembrarse a partir de marzo, la densidad de siembra varía entre 15-30 kg/ha (Stewart et al., 2014).

Los cultivares comerciales de festuca se pueden agrupar en dos grandes tipos: Continentales y Mediterráneas. Las primeras tienen capacidad de crecer en todas las estaciones del año, son en general de hojas anchas y hábito de crecimiento intermedio. Ej. Estanzuela Tacuabé. Las segundas tienen muy buen potencial de crecimiento invernal, pero reposan en verano, son de hojas más finas y de hábito erecto. Ej. Resolute. A su vez se pueden diferenciar por fecha de floración donde se consideran muy tempranas las que florecen a fines de agosto. Ej. Quantum. Las especies que florecen a mediados de septiembre se consideran tempranas. Ej. Estanzuela Tacuabé. Las especies tardías florecen a fines de septiembre. Ej. Advance, INIA Fortuna. Y por último las muy tardías que florecen a mediados de octubre. Ej. Vulcan (INIA, 2017).

Haciendo énfasis en lo que se refiere a producción de semillas, la adopción de esta especie para producir forraje la ha convertido en una importante oportunidad de producción de semillas para el país, siendo la especie forrajera perenne de la cual se produce más semilla en Uruguay, aproximadamente 2.000 TM por año (Mari et al., 2017).

Carámbula, en 1981, aseguraba que el rendimiento promedio de festuca podía estimarse entre 150 y 250 kg de semilla limpia por hectárea y en semilleros bien manejados era posible obtener hasta 400-500 kg/hectárea. Más recientemente, Mari et al. (2017) indicaron que desde 2005, los productores de semillas han aumentado con éxito el rendimiento promedio de semillas, pasando de 180 kg/ha a 500 kg/ha en todas las regiones; mientras que ya existen casos de productores que están logrando consistentemente rendimientos de más de 1000 kg/ha.

Young et al. citados por Hudgins (2019) informaron que los cultivos de festuca producen entre 37 y 53% de su rendimiento potencial de semilla. El potencial de rendimiento se define como el rendimiento de un cultivar en el ambiente donde mejor se adaptó, con agua y nutrientes no limitantes, y donde se controlan las plagas y otros factores de estrés. Las cifras de rendimiento real en

relación con el potencial muestran una deficiencia de los semilleros. Esta brecha de rendimiento ofrece una oportunidad para los productores e investigadores para identificar formas de aumentar el rendimiento en chacra de la semilla (Hudgins, 2019).

Uno de los principales problemas es el vuelco y su control es deseable en la producción de semillas de gramíneas porque se ha demostrado que, en la práctica, aumenta el rendimiento de semillas (Griffith, citado por Hudgins, 2019). Una forma de controlar el vuelco es mediante el uso de reguladores de crecimiento (PGR).

2.2.1.1 Descripción del cultivar utilizado

En el marco de la alianza temprana entre INIA, Grasslands Innovation Limited (GIL) y PGG Wrightson Seeds Ltd., se estableció como prioritario la obtención de un cultivar de alta productividad y persistencia. El trabajo de mejoramiento genético liderado por Felix Gutierrez (INIA) y Alan Stewart (PGGW) logró un material con estas características, denominado Rizar (nominado experimentalmente como IGP12).

El germoplasma base de este cultivar deriva de cruzamientos entre plantas de los cultivares INIA Aurora y Rizomat, previamente seleccionados por persistencia, sanidad y alta presencia de rizomas. Durante dos ciclos de selección se hizo énfasis en precocidad, productividad anual e invernal, floración intermedia, resistencia a roya, hábito de crecimiento intermedio y alta presencia de rizomas (Maranges et al., 2019).

Rizar es una festuca de tipo continental-rizomatosa, con hábito de crecimiento semipostrado. Forma un tapiz denso y se destaca por su alta productividad, persistencia y rusticidad. Presenta una fecha de floración intermedia, similar a Estanzuela Tacuabé, siendo en promedio once días más tardía que INIA Aurora y seis días más tardía que Rizomat. Su comportamiento frente a las royas es bueno, por lo que se trata de una opción muy atractiva para

incorporar en distintos sistemas de producción (Maranges et al., 2019). No existe información experimental sobre producción de semilla de este cultivar.

2.2.2 Características generales del *Lolium multiflorum*

El *Lolium multiflorum* anual o italiano es originario de las regiones del Mediterráneo del sur de Europa, norte de África y Asia menor (Ortega y Romero, 1992b). Es una especie invernal anual, con un muy alto valor nutritivo y muy buena apetecibilidad. Tiene un excelente rebrote con gran número de macollas, muy buena capacidad de semillazón y fácil resiembra a medida que se incrementa la fertilidad del suelo (Carámbula, 2002).

El raigrás anual se clasifica en dos tipos: westerwoldicum e italiano o multiflorum. Generalmente se describen juntos porque son usados en situaciones similares, siendo plantas erectas a postradas, de hojas grandes, activas en la estación fría y muy apreciadas por sus producciones de forraje de alta calidad en invierno y principios de primavera. La principal diferencia entre estos dos tipos es su persistencia y el requerimiento de vernalización para florecer (Stewart et al., 2014). Los Italianos o Multiflorum requieren vernalización (horas de frío) para florecer mientras que los Westerwoldicum no requieren vernalización para florecer (Rossi, 2017).

Otro elemento que se utiliza para clasificar los cultivares de raigrás es su nivel de ploidía, existiendo cultivares diploides y tetraploides. Las células de los tetraploides son más grandes y con mayor relación contenido celular/pared celular, presentan menos macollos pero de mayor tamaño, hojas más anchas y de color verde más oscuro, menor contenido de materia seca y semillas más grandes que los cultivares diploides. Por otro lado, los tetraploides son más palatables, favoreciendo un mayor consumo que los diploides, presentan un funcionamiento ruminal más eficiente (menor pared celular) y por lo tanto mayor producto animal (Rossi, 2017).

La inflorescencia del raigrás anual es una espiga compuesta, formada por un número variable de espiguillas dispuestas en forma alternada en cada uno de los nudos del raquis. La espiguilla se compone de 2 glumas basales y un número variado de flores. Las flores poseen los órganos sexuales, los cuales son protegidos por la lema y la palea. De la lema se origina lo que se conoce como arista. Una diferencia entre raigrases anuales y perennes se da en que las lemas de los anuales son aristadas, mientras que en las perennes son por lo general místicas (Rossi, 2017).

En lo que refiere a producción de semilla, el raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) es la segunda especie de gramínea más importante sembrada para semilla en Nueva Zelanda, sólo superada por raigrás perenne (*Lolium perenne* L.) (Trethewey et al., 2016). El nitrógeno (N) es el elemento mineral más crítico que afecta el rendimiento de semillas forrajeras, principalmente a través de su influencia en el macollaje y el número de macollos fértiles (reproductivos). El efecto de la fertilización con N en raigrás perenne (*Lolium perenne* L.) está bien documentado, mientras que la información para el cultivo de raigrás italiano es escasa. En dos ensayos de campo en Nueva Zelanda informaron rendimientos de semillas superiores a 3500 kg ha⁻¹ bajo una tasa de fertilización de N de 180 kg ha⁻¹ para el raigrás italiano (Svečnjak et al., 2022). Esto supera lo que afirmaba Rolston et al. (2004) de que los mejores rendimientos de los semilleros habían alcanzado los 3000 kg/ha, frente a los 2000 kg/ha que se obtenían antes en Nueva Zelanda.

En Uruguay los cultivares del tipo Italiano ó Multiflorum con el objetivo de producción de semilla, deben ser sembrados no más tarde que mayo, para asegurar una adecuada producción de macollos que sean inducidos adecuadamente (horas de frío) y así llegar a espigar (Rossi, 2017). Si el semillero está bien manejado y se toman las debidas precauciones para evitar las pérdidas por desgrane, los rendimientos pueden estar por encima de los 800 kg/ha de

semilla. Cuarenta años atrás, los rendimientos de semilla de raigrás anual se encontraban entre 350 kg y 400 kg/ha. (Carámbula, 1981)

2.2.2.1 Descripción del cultivar utilizado

El cultivar utilizado fue INIA Escorpio. El mismo fue obtenido en INIA La Estanzuela seleccionando en base a INIA Titán y otros materiales europeos con énfasis en rendimiento y sanidad. Logra tapices densos por su alta capacidad de macollaje.

Se caracteriza por ser un cultivar tetraploide, de ciclo largo, del tipo italiano, con altos rendimientos de forraje, macollador, hábito semierecto, alta calidad y excelente sanidad. Puede sembrarse a partir de los primeros días de marzo, puro o en mezcla. Debido a su ciclo largo su uso puede llegar hasta diciembre. En determinadas condiciones agroecológicas y ambientales puede comportarse como bienal, para esto se recomienda evitar el pastoreo intenso durante la estación estival (Pgg Wrightson Seeds, 2020).

Los raigrases anuales italianos son buenos productores de forraje y de ciclo más largo, tienen mejor calidad del forraje, principalmente en primavera y los cultivares tetraploides, mayor tamaño de semilla lo que les proporciona a las plántulas un mayor vigor inicial. Tiene como desventaja una menor resistencia al pastoreo, menor capacidad de semillazón y de resiembra natural (podría considerarse como una ventaja ya que no contamina al siguiente año). Por último, tiene menor adaptación a niveles bajos de fertilidad (Carámbula, 2002).

2.3 PRODUCCIÓN DE SEMILLAS FORRAJERAS

2.3.1 Características principales de la producción de semilla forrajera en Uruguay

Mediante una encuesta a productores semilleristas en la época de los '90 se registró que la producción de semilla no se caracterizaba por ser el rubro principal dentro de un establecimiento y que las limitantes más importantes para la

obtención de altos rendimientos eran los problemas de malezas y la baja eficiencia del proceso de cosecha (García et al., 1991).

El potencial existente de los cultivos se encuentra lejos de los alcanzables y esta disparidad entre el rendimiento promedio y el potencial se da también según la especie. Las distintas especies de raigrás son mejores productoras de semilla que las de festuca (Hebblethwaite, 1983).

Sumado a los factores mencionados anteriormente y los problemas de malezas y la baja eficiencia en el proceso de cosecha, García et al. (1991) afirmaban que otros factores importantes que limitaban la obtención de mayores rendimientos eran específicos a cada especie. En festuca, los factores más importantes detectados en ese momento fueron la fecha de cierre del pastoreo, el manejo de la fertilización nitrogenada y el manejo previo del semillero. Por otro lado, para el raigrás, los factores más importantes eran el manejo previo del semillero, la fecha de cierre y el método de cosecha.

En cuanto a las condiciones climáticas, aunque estas tienen mayor incidencia en la producción de semillas de leguminosas, no dejan de ser un factor crucial en las gramíneas, en especial la disponibilidad de agua en el suelo desde el cierre del semillero hasta el llenado de las semillas. Las mejores condiciones para una buena producción de semillas comprenden factores ambientales que favorecen un buen desarrollo vegetativo. Para la producción de semillas de gramíneas lo ideal sería intentar ubicar el semillero protegido de los fuertes vientos ya que estos pueden causar grandes pérdidas por vuelco y desgrane (Carámbula, 1981).

2.3.2 Componentes del rendimiento

El potencial que posee una especie forrajera para producir semillas queda determinado a través de los llamados componentes de rendimiento en el transcurso de dos etapas bien definidas, el establecimiento del potencial de

rendimiento y la utilización del potencial de rendimiento (Hebblethwaite et al., citados por Carámbula, 1981).

Los factores básicos que contribuyen en forma directa a la capacidad de rendimiento de semillas son el número de inflorescencias por planta, el número de flores por inflorescencia (tamaño de inflorescencia), la proporción de flores que producen semilla (capacidad de cuajado) y el peso de cada semilla (Hebblethwaite, 1983).

En cuanto a la primera etapa, esta depende de que se cumplan eficientemente los procesos de macollaje o formación de tallos y de desarrollo de los meristemas, los cuales conducen a delimitar los primeros componentes: el número de inflorescencias, número de flores o espiguillas por inflorescencia y número de flores por espiga (Carámbula, 1981, Hebblethwaite, 1983). Las macollas constituyen las unidades básicas de producción, de su número y condición fisiológica, y del vigor de las mismas, depende la capacidad de producción de forraje y semillas (Formoso, 2010).

La segunda etapa depende de que se cumplan eficientemente los procesos de polinización, fecundación y desarrollo de las semillas, los que contribuyen a fijar los restantes componentes: número de semillas por flor, espiguilla o fruto y peso de las semillas (Carámbula, 1981, Hebblethwaite, 1983).

En las gramíneas, el pasaje de la etapa vegetativa a la reproductiva se debe a la formación de primordios foliares. Posteriormente, dichos primordios continúan su crecimiento y comienzan a formar la inflorescencia. El raigrás es una especie con una inflorescencia simple, dichos primordios corresponden a la espiguilla. Dentro de los componentes el más importante para esta especie es el número y tamaño de las inflorescencias. En festuca, se considera una inflorescencia compleja ya que constituyen las ramificaciones primarias de la panoja (Carámbula, 1981).

Por último, los componentes del rendimiento que mayor respuesta presentaron frente al agregado de nitrógeno fueron el peso de semilla por panoja y el número de espiguillas por panoja (Castaño, 1995). El número de inflorescencias, los rendimientos de semillas y la eficiencia de uso del nitrógeno aumentaron en forma lineal con el atraso en los momentos de aplicación (Formoso, 2010). La época de cierre del pastoreo es la indicada para efectuar la fertilización con el fin de promover la inducción floral de las macollas ya presentes en el cultivo, y elevar la cantidad de semilla producida por inflorescencia (Carámbula, 1981).

2.3.2.1 Número de inflorescencias

Para el caso del raigrás, se debe tener en cuenta los dos tipos de raigrases que hay: el tipo *Westerwoldicum* no tiene requerimientos de frío, y por tanto, casi todos los macollos florecen independientemente de la época de siembra y mueren en el verano, y son estrictamente anuales. Y por otra parte, el tipo italiano que tiene requerimientos de frío, los macollos formados a fin de invierno y primavera no florecen por lo que pueden ingresar al verano en estado vegetativo y tener un comportamiento bienal (INIA, 2017). Los macollos de *Lolium multiflorum* formados en el otoño, además de poseer más espiguillas, tienen más flores por espiguilla. Como consecuencia del alargamiento de los entrenudos, la inflorescencia en desarrollo es llevada hacia arriba dentro de las vainas foliares envolventes y poco después de la aparición de la hoja bandera ocurre la emergencia de las espigas (Hebblethwaite, 1983).

Por otra parte, el manejo otoñal de las festucas es muy importante debido a que la mayor proporción de macollos que se volverán fértiles se forman en esta estación (Hebblethwaite, 1983). La formación de macollas en otoño contribuye en forma notable sobre su potencial productivo. Para el caso de una macolla originada en el mes de mayo contribuye un 54,3 % del total del rendimiento, una macolla que se origina en el mes de Junio contribuye con un 25,1 % del total del rendimiento y una macolla originada en el mes de Agosto (tardío) contribuye un 1 % del total del

rendimiento. (Elizondo, citado por Carámbula, 1981). Formoso (2010) remarca la importancia de las macollas formadas temprano en otoño, ya que van a determinar los rendimientos de semilla que se obtienen en primavera.

Prácticamente todos los macollos producidos durante el invierno (junio a septiembre) permanecen vegetativos. Esto ocurre en las festucas de cualquier edad, pero es más importante en las de primer año. Los macollos de festuca necesitan un largo período de frío invernal (al menos de 8 a 9 semanas por debajo de 8 °C) para cubrir las necesidades de vernalización y así producir una densidad de inflorescencias adecuada (Rolston y Young, 2009).

La población de inflorescencias puede verse disminuida si el desarrollo reproductivo se produce bajo condiciones deficitarias de humedad y alta evaporación (Carámbula, 1981). La competencia por luz dentro de la cubierta del cultivo puede ser un importante factor determinante del número de macollos fértiles al afectar la producción de macollos y la mortalidad de los macollos fértiles (Hebblethwaite, 1983).

Una nutrición adecuada permite alcanzar a la inflorescencia su tamaño máximo. Este efecto se logra básicamente con una buena disponibilidad de nitrógeno en las etapas del desarrollo vegetativo previas a la formación del número de primordios foliares finales (Carámbula, 1981). Cuando se aplican dosis de nitrógeno elevadas, los macollos fértiles en desarrollo deben competir con un gran número de macollos vegetativos, tanto antes como después de la emergencia de las espigas (Hebblethwaite, 1983). El volumen excesivo de forraje provoca una gran competencia por nutrientes, luz y agua, pudiendo ocurrir además un vuelco severo lo cual lleva a la muerte de macollas reproductivas (Carámbula, 1981).

2.3.2.2 Número de flores por inflorescencia

En las gramíneas, el número de espiguillas por inflorescencia y el número de flores por espiguilla, así como su completo desarrollo, queda definido en el período comprendido entre el momento de la iniciación floral y el momento en que la inflorescencia emerge por sobre la vaina de la hoja bandera (Carámbula, 1981).

Al llegar a la época en que las condiciones ambientales promueven la transformación de los meristemos apicales del estado vegetativo al reproductivo, el cultivo presentará tallos o macollas en diferentes estados de desarrollo y la potencialidad de producción de semillas de las mismas dependerá básicamente del vigor de cada una de ellas (Ryle, citado por Carámbula, 1981).

2.3.2.3 Porcentaje de flores fértiles

Este componente de rendimiento es el que presenta mayores rangos de valores. Estudios realizados por numerosos investigadores han demostrado que aun cuando las plantas se desarrollen en ambientes favorables, los porcentajes de fertilidad pueden variar entre 25 y 90 %, aunque muy pocas veces superan 70 % (Langer, citado por Carámbula, 1981). En gramíneas el porcentaje de flores fértiles depende de la época de aparición de la inflorescencia ya que cuanto más tardías son menos fértiles, y de la ubicación de las flores en las mismas (Carámbula, 1981).

Los procesos de polinización son muy importantes dentro de este componente, la densidad de los granos de polen es importante para fijar los porcentajes de fertilidad. Estos ejercen entre sí un efecto estimulante muy alto sobre su capacidad germinativa y, como consecuencia de dicho comportamiento, cuanto más alta es la población de granos de polen que se localizan sobre un estigma, mayor es la posibilidad de que los óvulos sean fecundados. A su vez, a mayor tamaño de grano de polen mayor es la posibilidad de fecundar (Brewbaker y Majumder, citados por Carámbula, 1981).

En estas especies, las fallas por mala polinización son poco comunes debido a la abundancia de polen en el cultivo. Sólo en las inflorescencias muy tempranas o muy tardías cuando la población de polen en la atmósfera es muy baja, puede producir algún problema. También en los casos de vuelco por excesivo desarrollo vegetativo es posible constatar inconvenientes (posibles abortos florales), como consecuencia de una movilización pobre de los granos de polen hacia los estigmas debido a una reducción en el movimiento del aire (Carámbula, 1981).

2.3.2.4 Peso de semilla

El peso o tamaño de la semilla depende de la competencia por metabolito dentro de cada planta y entre las diferentes plantas del cultivo (Donald, citado por Carámbula, 1981).

A su vez, también depende de su posición en la espiga y de la edad del macollo, siendo menor el peso de la semilla por espiga en las inflorescencias de emergencia más tardía (Hebblethwaite, 1983). Los tallos fértiles mejor desarrollados producen semillas más pesadas que los más débiles, como fue mencionado anteriormente este efecto ha sido registrado especialmente en las inflorescencias formadas más tarde, las que aparte de ser de menor tamaño poseen semillas más pequeñas lo cual implicaría su descarte como verdaderas contribuyentes al rendimiento del semillero. Por consiguiente, cuando llega el momento de la cosecha, nunca se debe esperar a su maduración ya que este manejo lleva grandes pérdidas por desgrane de las mejores semillas antes de la cosecha (Anslow, citado por Carámbula, 1981).

Dentro de cada espiga, las espiguillas apicales contienen semilla levemente más liviana que las basales o las ubicadas en la parte media. Dentro de cada espiguilla existe un descenso marcado del peso de semilla desde las flores basales a las terminales (Hebblethwaite, 1983, Anslow, citado por Carámbula, 1981).

2.3.3 Características generales del manejo de semilleros forrajeros

2.3.3.1 Época y método de siembra

La época de siembra de los semilleros y su forma de instalación no son independientes. Como los semilleros comprenden normalmente siembras puras, es posible realizar las mismas en las épocas más adecuadas para cada forrajera (Carámbula, 1981). Aunque los mismos al estar integrados a un sistema de producción, su fecha de siembra será funcional al sistema de producción.

Un semillero sembrado en época temprana deberá ser manejado de tal forma de eliminar el exceso de forraje de modo de no afectar la semillazón. Dicho exceso de forraje puede acumularse durante el desarrollo vegetativo como consecuencia de condiciones ambientales muy favorables (Carámbula, 1981).

La época de siembra de *Festuca arundinacea* en Argentina va desde fines de febrero a principios de abril por ser una especie de lento crecimiento inicial. Se debe intentar sembrar temprano para aspirar a tener una cosecha en el año de implantación (Castaño, 1995).

Estudios nacionales indican que los semilleros de festuca es adecuado sembrarlos en líneas a 0,30 o 0,45 m de distancia, ya que menores espaciamientos disminuyen los rendimientos de semilla al cabo de 2 o 3 años de cultivo, debido a una gran competencia intraespecífica entre los macollos (Carámbula, 1981, Formoso, 2010). Chastain et al. (2002) estudiando las mismas distancias entre hileras que Formoso (2010) encontraron un claro efecto negativo de sembrar en hileras a 15 cm, pero sin diferencias en el resto de las distancias evaluadas: 30, 40 y 60 cm.

En cuanto al *Lolium multiflorum*, los semilleros con destino doble propósito (forraje y semilla) deben ser sembrados en el otoño tan temprano como sea posible, sin arriesgar la sobrevivencia de las plántulas por calor y/o sequía (Rossi, 2017). Ferrando y Sorrondegui (1998) no encontraron diferencias de rendimiento de semilla en raigrás INIA Titán sembrado a distancias entre hileras de 15 o 30 cm,

pero si con distancias de 45 cm donde el rendimiento fue menor. Respecto a la densidad de siembra, el raigrás posee gran capacidad de compensación. En lo que refiere a producción de semilla, densidades de 5 a 20 kg/ha pueden no presentar diferencias de rendimiento, pudiéndose observar diferencias de producción de forraje en el primer pastoreo (Rossi, 2017). La normativa de producción certificada de semillas de raigrás solo permite su siembra en línea, tapando un surco en un extremo o en la mitad de la sembradora, fundamental para determinar la contaminación de raigrás espontáneo en el campo (INASE, 2021).

2.3.3.2 Manejo de la nutrición

Los efectos benéficos del nitrógeno se observan en el comportamiento vegetativo y reproductivo de las gramíneas forrajeras. Los efectos principales de la disponibilidad de este nutriente durante el desarrollo vegetativo parecerían ser la promoción de sistemas radiculares bien desarrollados, la aparición de nuevas macollas y el fortalecimiento en condiciones climáticas desfavorables. Posteriormente en la época de iniciación floral el primer efecto del nitrógeno es promover un aumento en el número de macollas fértiles (Carámbula, 1981).

El nitrógeno ejerce también otras influencias importantes tales como acelerar la iniciación floral (Wilson, citado por Carámbula, 1981), aumentar la velocidad de diferenciación floral (Stoddart, citado por Carámbula, 1981) y aumentar la velocidad de crecimiento de la inflorescencia (Langer y Ward, citados por Carámbula, 1981). Como consecuencia de estos eventos se produce una emergencia más temprana de las inflorescencias para el caso de la *Festuca arundinacea* (Elizondo, citado por Carámbula, 1981)

El momento de aplicación parece jugar un rol muy importante sobre los efectos del nitrógeno en este parámetro ya que en cantidades iguales del nutriente aplicadas en diferentes épocas del año conducen a resultados diferentes.

Normalmente, las aplicaciones primaverales son más efectivas para aumentar el peso de mil semillas que las otoñales (Lambert y Thurston, Lambert, Carámbula, citados por Carámbula, 1981). Cuanto más tarde se realice la aplicación de nitrógeno en primavera, mayor será la reducción en el total de macollos fértiles. Por lo tanto, la aplicación de nitrógeno en primavera debe estar dirigida a satisfacer los requerimientos de la población de macollos fértiles (Hebblethwaite, 1983).

El nitrógeno es el nutriente más importante para los semilleros de festuca. Estudios realizados por Rolston y Young (2009) en semilleros de Nueva Zelanda y Oregon (USA) determinaron que aquellos de primer año requerían un total de 180 a 200 kg N/ha, mientras que los de segundo año y multianuales 230 a 250 kg N/ha.

Se debe tener en cuenta que aplicaciones en mayo, estimulan la formación de macollas que en su mayoría no tienen destino reproductivo, en realidad se potencia el desarrollo vegetativo, aspecto positivo desde el punto de vista de producción de forraje, pero se aumenta la competencia intra-planta entre macollas cuando se ingresa a fase reproductiva, evento que debería ser evitado cuando el destino es producción de semillas. Cuando el objetivo es producción de semillas, la eficiencia de uso del nitrógeno en promover inflorescencias se duplica en julio comparativamente con mayo, mientras que en septiembre se triplica (Formoso, 2010).

La época de aplicación de nitrógeno para rendimiento de semilla genera diferencias en eficiencia desde 0,26 kg de semilla por kg de nitrógeno para una dosis de 50 N (Dosis menor) aplicada en mayo, hasta 3,16 kg de semilla por kg de nitrógeno aplicado en septiembre con la misma dosis (Formoso, citado por Formoso 2010).

En cuanto al raigrás, es una especie realmente productiva cuando crece en ambientes que le permiten expresar su potencialidad, de lo contrario su producción será baja o despreciable. Tiene una eficiencia muy alta para utilizar el nitrógeno

siempre que disponga de niveles adecuados de fósforo (Carámbula, 1981). Estos valores mínimos de Fósforo son de 12 - 14 ppm P (Bray I) y de Potasio sobre 0,34 meq/100g K inter (150 ppm). Al no disponer de niveles críticos de estos nutrientes específicos para raigrás, se sugiere utilizar los definidos para cultivos de invierno como trigo y cebada (Rossi, 2017)

Se destacan tres momentos para el manejo de la fertilización, a la siembra, durante otoño-invierno y previo a la fecha de cierre que se podría considerar el manejo durante la primavera. Por lo tanto, junto a la siembra deberá incorporarse al suelo fertilizante fosfatado soluble en cantidades acordes con la deficiencia del suelo y fertilizantes nitrogenados el que puede ser agregado junto con la siembra o al inicio del macollaje (Carámbula, 1981). El agregado de unas 20 unidades de nitrógeno en esta etapa favorece la implantación y el macollaje inicial (Rossi, 2017). Ferrando y Sorrondegui (1998) utilizaron tres dosis de nitrógeno en el otoño (0, 50 UN y 100 UN) y a pesar de que el suelo disponía de 20 ppm de nitratos, encontraron respuesta positiva en producción de forraje. Sin embargo, no se vio en este estudio diferencias en el número de macollos medidos al 4 de agosto y al 3 de setiembre, en respuesta a las dosis de nitrógeno de otoño. Una dosis guía a utilizar en el período otoño - invierno como base y que debe ser ajustada en cada situación, es de 20 a 30 unidades de nitrógeno (UN) cada dos pastoreos (Rossi, 2017).

En la etapa previa al cierre, los requerimientos de nitrógeno del cultivo son muy altos en todas las gramíneas y la deficiencia afecta marcadamente el rendimiento de la semilla. Excesos de nitrógeno también pueden ser negativos si promueven un vuelco temprano del cultivo o problemas sanitarios relacionados a desbalances de nutrientes. Dosis por hectárea de primavera evaluadas de 0, 50 UN, 100 UN y 150 UN en raigrás INIA Titán, mostraron respuesta en rendimiento de semilla hasta la dosis de 50 -100 UN/ha. Los principales componentes de rendimiento fueron afectados positivamente por esta fertilización: número de espigas, semillas por espiga y peso de semilla. En la dosis de nitrógeno mayor

evaluada (150 UN/ha) se registró más vuelco, lo que generó una tendencia a la baja en el rendimiento de semilla (Ferrando y Sorrondegui, 1998). Con posterioridad al cierre del semillero, la aplicación de 50 a 75 UN/ha es una dosis normalmente adecuada para cubrir las necesidades de un semillero de raigrás anual. Se puede evaluar si la dosis aplicada fue adecuada, midiendo unas dos semanas más tarde el nivel de nitrógeno en planta, el cual debería ser en el entorno a 4 % para indicar suficiencia (Rossi, 2017).

2.3.3.3 Control de malezas

La presencia de malezas puede reducir en forma directa el rendimiento de semilla a través de competencia en el campo y durante el proceso de limpieza (Hebblethwaite, 1983). En un lote de semillas la presencia de ciertas malezas puede decidir si la misma es comercializable o no (Carámbula, 1981).

Carámbula (1981) menciona que la chacra elegida para un semillero, deberá estar libre de semillas enterradas tanto de malezas como de otros tipos o variedades de la especie a sembrar que contaminen posteriormente la cosecha. Teniendo en cuenta los estándares de producción de semilla certificada deben transcurrir 3 años sin cultivo de *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Lolium x hybridum*, *Phalaris aquatica*, *Festulolium spp* para ambas especies en estudio (INASE, 2019, 2021). La presencia de malezas no solo puede causar competencia debido a la dificultad de eliminarlas del semillero por falta de herbicidas selectivos, sino también por la difícil separación de sus semillas en los procesos de limpieza y clasificación luego de la cosecha (Carámbula, 1981).

La mejor forma de lograr un cultivo limpio es comenzar con una sementera limpia. Todas las malezas gramíneas principales presentan cierta proporción de latencia en su semilla, por lo que la rotación debe poner énfasis en el control de semilla durante varios años antes de sembrar el semillero de gramíneas

(Hebblethwaite, 1983). El principal elemento para reducir el problema de malezas en semilleros de raigrás es la elección de la chacra (Rossi, 2017).

Según García et al. (1991), las malezas más importantes que afectan los semilleros antes de la cosecha varían con las especies, pero en general predominan cardos, raigrás, viznaga y lengua de vaca. Dentro del mismo trabajo se puede afirmar que las estrategias más utilizadas para el control de las malezas son los herbicidas y el manejo del corte/pastoreo. En cuanto a los herbicidas se utilizan 2,4 D y Tordón para festuca y 2,4 D para raigrás. En la actualidad, para raigrás se controla previo a la siembra con herbicidas de muy baja residualidad y generalmente el periodo más seguro es desde inicio del macollaje a comienzo de espigazón. Algunos de los herbicidas posibles a utilizar son: 2,4 D, MCPA, Flumetsulan y Clopiralyd (Rossi, 2017). Para la festuca las principales malezas problemáticas son el raigrás anual, las crucíferas y las latifoliadas. Es imprescindible efectuar los tratamientos con herbicidas en etapas muy tempranas de su desarrollo debido a su lento crecimiento inicial. El control de gramíneas anuales como el raigrás, se puede realizar a partir del segundo año del semillero utilizando 2,4 kg/ha de diurón de ingrediente activo (Carámbula, 1981). Una estrategia podría ser aplicar lo más tarde posible para evitar futuras reinfestaciones, sin permitir un excesivo desarrollo de las plantas de raigrás establecidas más tempranamente (pre-macollaje de las mismas) (Formoso, 2010). Sumado a esto, Carámbula (1981) destaca que cualquiera sea el suelo destinado a la producción de semilla, éste deberá estar libre de raigrás o por lo menos el grado de infestación deberá ser mínimo, dada la dificultad de separar las semillas de ambas especies debido al proceso de maquinación. Por lo tanto, es sumamente importante el control de raigrás en festuca ya que es una maleza de difícil control en semilleros y muy frecuentemente causa de rechazo de lotes por contaminación (Formoso, 2010).

2.3.3.4 Manejo del pastoreo y fecha de cierre

La fecha de cierre es la fecha del último pastoreo o defoliación en primavera, antes de que el cultivo entre en desarrollo reproductivo (Rolston y Young, 2009).

En cuanto a fechas de cierre de los semilleros, según el trabajo realizado por García et al. (1991) la mayoría de los productores tienen los semilleros "bajos" en el momento del cierre. Las fechas más frecuentes de cierre para festuca es la primera quincena de agosto y para el raigrás la segunda quincena de septiembre. A su vez, dentro de ese mismo trabajo se asegura que la gran mayoría de los productores realizaban un manejo cuidadoso durante el otoño-invierno en la medida que el "rotativo" y el "continúo aliviado" eran más del 70% del tipo de pastoreo realizado en los semilleros.

En los semilleros, los pastoreos se deben finalizar antes que comience la etapa reproductiva de la mayoría de los tallos, con el objetivo de evitar el daño o la remoción de las espigas en su etapa inicial de crecimiento (Rossi, 2017).

Durante el otoño e invierno el semillero será manejado con mucha cautela tratando de evitar defoliaciones exageradas, pero impidiendo por todos los medios una acumulación excesiva de forraje (Carámbula, 1981). La defoliación ya sea por corte o pastoreo, es una herramienta para favorecer el macollaje de otoño y controlar el desarrollo excesivo del cultivo en suelos muy fértiles. A su vez, la defoliación puede ser eficaz para el control de malezas anuales (Castaño, 1995).

A finales de julio o principios de agosto comienza la formación de las inflorescencias y el encañado. Este evento marca el momento en que se debe cerrar el semillero, intentando no perder macollas inducidas por decapitación (Carámbula, 1981). Trabajos realizados en Nueva Zelanda evaluando fechas de cierre contrastantes en un cultivar de festuca (otoño a primavera tardía), dieron como resultados variaciones superiores al 30% de rendimiento, concluyendo que, en ese caso, fechas de cierre entre mediados de invierno e inicio de la primavera

no afectaban el rendimiento de semilla (Brown et al., 1988). En un estudio realizado por Formoso (2010) durante varios años en festuca, los rendimientos de semillas superiores correspondieron consistentemente a los cierres de junio y julio. Pastoreos posteriores al 20 de agosto disminuyeron el rendimiento de semillas, a través de una disminución del número de panojas por metro cuadrado y el peso de semilla por panoja en cultivos sin deficiencias de fósforo y fertilizados con 100 kg/ha de N (Castaño, 1995).

Después de la cosecha, el rebrote de festuca es rápido, especialmente si la humedad del suelo y el N no son limitantes, y este rebrote puede proporcionar un excelente forraje. El manejo de los residuos de cultivos inmediatamente después de la cosecha es extremadamente importante para lograr buenos rendimientos de semillas de festuca en la siguiente temporada. Los macollos reproductivos se forman en el otoño y principios del invierno, y la paja, o el rastrojo acumulado pueden afectar seriamente el desarrollo de los macollos, lo que reduce el rendimiento de semillas (Rolston y Young, 2009).

En cuanto al raigrás, como se mencionó anteriormente se debe realizar un primer pastoreo liviano cuando las plantas logren tener un buen arraigamiento en el suelo para evitar las pérdidas de plantas y luego se realizan cada vez que se alcancen las 3 hojas dejando un remanente de 4 cm (Rossi, 2017). El raigrás presenta diferentes ciclos según el tipo de cultivar y esto va a definir la fecha de cierre. Hill (1971), trabajando con raigrás perenne y variando la fecha de cierre entre estado vegetativo a emergencia de espiga, encontró que el rendimiento de semilla disminuía marcadamente a partir de la elongación del tallo (21 a 43%), y que uno de los componentes de rendimiento más afectados era el número de espiguillas por espiga. El manual de producción de semilla de raigrás anual, Rossi (2017), establece como guía, que se puede manejar para un cultivar de raigrás anual de ciclo corto la fecha de cierre probable en la segunda quincena de agosto y para aquellos cultivares de ciclo medio a largo, hacia mediados de setiembre.

Un estudio realizado en Argentina variando las fechas de la última defoliación, en un raigrás sin restricciones de fósforo ni de nitrógeno, Castaño (1995) encontró que a partir del 20 de agosto, disminuyeron significativamente los rendimientos de semilla, debido a un menor número de espigas por unidad de superficie y a un menor tamaño de la inflorescencia, a medida que se demoró la última defoliación.

2.3.3.5 Métodos y momento de cosecha

La maduración de la semilla dentro de cada inflorescencia puede ocurrir dentro de un período de dos semanas. La cosecha realizada en el momento que maduran las primeras semillas maximiza el rendimiento, pero debido a la falta de madurez de mucha semilla, su calidad es pobre. La cosecha que se hace teniendo en cuenta la máxima calidad de semilla determina bajos rendimientos debido al desgrane. En la práctica, se contemplan ambos aspectos y el cultivo se cosecha en algún momento entre dos etapas o bien se corta y se engavilla antes de alcanzar la madurez completa, dejando pasar un período adecuado antes de pasar un recolector y cosechadora (Hebblethwaite, 1983).

En la década de los 90' los productores realizaban cosecha directa en el 45% de las festucas y 25% de los raigrases. Siendo la utilización de desecantes bajo (10%) (García et al., 1991). Aunque no existen datos publicados similares a estos puntos, es claro que esos valores son muy inferiores en la actualidad, siendo la cosecha directa una práctica netamente marginal¹.

La festuca puede ser cosechada a partir de mediados de noviembre y al igual que en la mayoría de las gramíneas forrajeras madura bastante despereja. Formoso (2010), reportó pérdidas promedio de 52% cuando el proceso de cosecha

¹ Rossi, C. 2020. Com. personal.

se hizo con humedades de semilla de 15 a 25%. En esta especie se recomienda la cosecha en dos etapas, corte e hilerado en etapa 1 y trilla en etapa 2 lo que permite asegurar rendimientos más altos y de mayor calidad (Carámbula, 1981). El momento apropiado de corte es cuando las semillas poseen entre un 45% a 48% de humedad. Si es posible determinar el pico de la antesis, el corte e hilerado debería realizarse entre los 23 y 26 días desde el pico de antesis (Castaño, 1995).

El raigrás es sumamente propenso al desgrane y la cosecha deberá realizarse en una época intermedia. La época de cosecha es variable entre mediados de noviembre y fines de diciembre de acuerdo con la época de siembra y tipo de manejo que hayan recibido el semillero (Carámbula, 1981). El mejor parámetro para determinar el momento de corte es cuando el contenido de humedad de las semillas es de 45%. (Castaño, 1995). Rolston y Chynoweth (2010) encontraron pérdidas de semilla de raigrás entre 6 y 43 % de la semilla cosechable en 13 semilleros de Nueva Zelanda, con una media de pérdidas de 24%.

2.4 REGULADOR DE CRECIMIENTO

2.4.1 Clasificación de los reguladores de crecimiento (PGR)

En la mayoría de los casos, los reguladores de crecimiento (PGR) afectan el equilibrio de las hormonas vegetales en las plantas tratadas. Esto se puede lograr principalmente aplicando hormonas de origen natural exógena o sus análogos sintéticos, inhibiendo la biosíntesis de hormonas endógenas o su translocación desde el sitio de producción al sitio de acción y bloqueando los receptores hormonales (Rademacher, 2015). Las hormonas vegetales están involucradas en muchos procesos, que permiten que las plantas reaccionen ante estímulos internos y externos. Los grupos “clásicos” de hormonas vegetales son las auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico y etileno (Rademacher, 2015). Según Marassi (2011) se puede clasificar a los reguladores de crecimiento en promotores del crecimiento, como lo son Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, Etileno, entre otros; o en Inhibidores de crecimientos, y estos pueden ser

retardantes o inhibidores de crecimiento propiamente dichos: ácido abscísico (ABA). A su vez, los inhibidores de crecimiento se pueden clasificar en naturales, dentro de los cuales se tienen sustancias orgánicas aromáticas y sustancias derivadas de lactanos, y en sintéticos que pueden ser inhibidores o retardantes del crecimiento.

El ácido giberélico (GA) promueve la elongación celular al incrementar la plasticidad de la pared y aumentar el contenido de glucosa y fructosa, provocando la disminución del potencial de agua, lo que lleva al ingreso de agua en la célula y produce su expansión, inducen la deposición transversal de microtúbulos y participan en el transporte de calcio (Marassi, 2011).

Los inhibidores de la biosíntesis de ácido giberélico (GA), que reducen el crecimiento de los brotes longitudinales, representan el grupo más importante de reguladores de crecimiento (PGR), tanto en términos de valor comercial como en términos de área tratada (Rademacher, 2015). Los compuestos se dividen en dos categorías de inhibidores de la biosíntesis de GA; CCC (cloromecuato – cloruro de clorocolina) es un compuesto de tipo onio y TE (trinexapac-ethyl) es una acilciclohexanodiona (Rademacher, citado por Hudgins, 2019).

El regulador de crecimiento trinexapac-ethyl (TE) [4-(cyclopropyl- α -hydroxymethylene)-3,5-dioxo-cyclohexanecarboxylic acid ethylester] es bien conocido como un regulador del crecimiento inhibidor de la giberelina. TE es de aplicación foliar, se absorbe y actúa inhibiendo la reacción de la enzima 3 β -hidroxilasa que convierte GA₂₀ en GA₁ en la ruta de biosíntesis de giberelinas (Rademacher, Tan y Qian, citados por Amiri-Khah et al., 2015).

Moddus es un regulador de crecimiento del tipo TE, sintético, y, dentro de estos, es un inhibidor de crecimiento a través de la inhibición en la producción del ácido giberélico. Esto se manifiesta en un acortamiento de los entrenudos y, por lo tanto, en la reducción en la altura de la planta haciéndolas menos susceptibles al vuelco.

2.4.2 Información general sobre el efecto del regulador del crecimiento

En condiciones de alta humedad del suelo, especialmente acompañada de alta disponibilidad de N, la estructura del tallo no puede soportar el peso creciente de la inflorescencia y la semilla en desarrollo. Como resultado, el tallo junto con la inflorescencia que sostiene se vuelca o cae al suelo por su propio peso. El vuelco es el colapso del cultivo que generalmente ocurre durante o después de floración, cuando el tallo ya no puede sostener la espiga (Rolston et al., 2010). Es un factor principal en la reducción de los rendimientos de semillas de forrajeras, especialmente cuando ocurre antes o durante la antesis. Afecta la polinización y desarrollo de semillas en raigrás perenne y festuca (Hebblethwaite et al., Griffith, citados por Chastain et al., 2014). Las reducciones dependen de la severidad del vuelco y se han registrado hasta en un 95% (Hampton et al., Rolston et al., Griffith, Chynoweth et al., citados por Trethewey et al., 2016).

Los vuelcos de semilleros que se den entre la fecundación y la madurez fisiológica afectarán en forma diferencial según el momento en que sucedan. En etapas cercanas a la fecundación, se darán altos índices de abortos y pérdidas de rendimientos mayores; en etapas más tardías se afectará el peso de la semilla y las pérdidas serán menores. En aquellos casos en que la probabilidad de vuelco es elevada, ya sea porque no se pudieron utilizar las prácticas de manejo adecuadas o en escenarios de manejo de muy alto potencial de rendimiento, se puede considerar la utilización de un regulador de crecimiento como forma de evitar los vuelcos que afectan el rendimiento (Rossi, 2017).

En un principio, se realizaron investigaciones para evaluar los efectos del paclobutrazol en semilleros de gramíneas. Hampton y Hebblethwaite citados por Hudgins (2019) descubrieron que los semilleros tratados con paclobutrazol experimentaron menos vuelco y mayor número de semillas por espiguilla. Si bien

los resultados mostraron que este compuesto era eficaz para el control del vuelco y que se obtuvieron algunas respuestas positivas de rendimiento de semillas, el producto pronto cayó en desuso entre los productores de semillas de gramíneas de todo el mundo debido a la actividad residual de larga duración en el suelo y a resultados inconsistentes.

En 1999 estuvo disponible una nueva generación de reguladores de crecimiento (PGR – Plant Growth Regulator). El Trinexapac-ethyl (TE) [4-(cyclopropyl- α -hydroxymethylene)-3,5-dioxo-cyclohexanecarboxylic acid ethylester], marca registrada como “Moddus” en N.Z. y “Palisade” en los Estados Unidos, es un regulador de crecimiento (PGR) de aplicación foliar que reduce el crecimiento a través de la reducción de los niveles de giberelina en las plantas (Rolston y Young, 2009). Como ya fue mencionado anteriormente la inhibición en la producción de ácido giberélico reduce la altura del cultivo y las posibilidades de vuelco (Syngenta, 2022).

Para la década de 2000, los productores de semillas de forrajeras habían adoptado ampliamente el uso de TE. La investigación demostró que TE es un agente eficaz de control del vuelco en especies forrajeras productoras de semillas (Silberstein et al., Zapiola et al., Rolston et al., citados por Hudgins, 2019).

Trinexapac ethyl, Moddus® lanzado por primera vez en 2000, es un regulador de crecimiento (PGR) que ha dado lugar a aumentos en el rendimiento de semillas promediando, 50% en raigrás y 67% en festuca en Nueva Zelanda (Rolston et al., 2004). Este aumento en la producción de semillas de raigrás y festuca, se dio rápidamente durante los últimos siete años; los mejores rendimientos agrícolas en raigrás ahora alcanzan los 3000 kg/ha, frente a los 2000 kg/ha previos (Rolston et al., 2004).

2.4.3 Características de manejo del regulador de crecimiento (PGR)

Para obtener los mejores resultados, los PGR deben manejarse como una herramienta de producción, como es el agua y los fertilizantes. No deben usarse solo para corregir el mal manejo de otras prácticas culturales, sino que deben ser una parte integral del ciclo de producción de los cultivos. Son más efectivos cuando se aplican en los momentos adecuados para regular el crecimiento o desarrollo de la planta (Latimer y Whipker, 2013). Los reguladores del crecimiento que reducen la tasa de crecimiento de la planta, se deben aplicar antes de la elongación. Las recomendaciones de aplicación se darán en términos del desarrollo de la planta o del tamaño de la planta en comparación con el tiempo de producción (Latimer y Whipker, 2013).

Muchos productores utilizan múltiples aplicaciones para controlar mejor el crecimiento de las plantas. Una sola aplicación a alta tasa y al principio del ciclo de producción de la planta puede ser excesiva si las condiciones de cultivo posteriores no son tan buenas como se esperaba. Una aplicación temprana a una tasa más baja proporciona más flexibilidad. Algunos productores mejoran la uniformidad del cultivo mediante el uso de múltiples aplicaciones a bajas tasas para lograr pequeñas correcciones en el crecimiento de las plantas (Latimer y Whipker, 2013). Para ambas especies (festuca y raigrás) se utiliza la escala Zadocks para definir el momento de aplicación. Existen dos momentos óptimos de aplicación referidos por en la gran mayoría de los trabajos en este tema, el primero es Zadock 32 (2 nudos) y el segundo Z 51 (primeras espiguillas visibles) (Rossi, 2017).

Por lo general, los reguladores de crecimiento se aplican mediante pulverizaciones foliares con agua como portador. El resultado de los PGR no solo depende del ingrediente activo utilizado, sino que deben darse las condiciones adecuadas para que el compuesto alcance su objetivo bioquímico. Para penetrar en la epidermis y las membranas de la planta, deben estar presentes en el producto comercial formuladores apropiados (por ejemplo, disolventes, tensioactivos y

acondicionadores de agua). También se debe prestar la debida atención al tratar las plantas en su etapa correcta de desarrollo. Finalmente, las condiciones climáticas antes, durante y después del tratamiento pueden ser críticas para el éxito (Rademacher, 2015).

2.4.1.2 Utilización del regulador de crecimiento en *Festuca arundinacea*

Información proveniente de Oregón (Estados Unidos) y Nueva Zelanda han demostrado que los mejores rendimientos se lograron con 100 g ia/ha de trinexapac-ethyl (400 cc/ha Moddus) aplicados desde la emergencia de la hoja bandera hasta la emergencia temprana de la panoja, aunque se han obtenido mayores respuestas de rendimiento con tasas de aplicación más altas en NZ en festucas forrajeras. Esto probablemente se deba a que los cultivos forrajeros de festuca en NZ generalmente se vuelcan antes de la floración y Moddus evita ese tipo de vuelco (Rolston y Young, 2009).

En un trabajo realizado por Rolston et al. (2004) los rendimientos de semillas aumentaron significativamente en cinco de seis ensayos cuando se aplicó Moddus a 200 y 300 g PA/ha. El aumento medio del rendimiento de semillas fue de 67 y 72% respectivamente para las dos dosis evaluadas. Al igual que con el raigrás, los tratamientos con TE redujeron la longitud del tallo y el vuelco.

Chastain et al. (2015) realizaron un trabajo similar en Oregon donde encontraron que el uso de Trinexapac-ethyl (TE) controló consistentemente el vuelco en festuca y, como consecuencia, aumentó el rendimiento de semilla en un 40%. Los tratamientos testigos produjeron 1455 kg/ha mientras que los tratamientos con 200 g ha⁻¹ de TE, 400 g ha⁻¹ de TE y 600 g ha⁻¹ de TE produjeron más kg/ha, siendo el de 600 g ha⁻¹ de TE el que mayor producción obtuvo con 2079 kg/ha. Los mayores rendimientos de semillas resultantes del TE se le atribuyeron a un mayor número de semillas/m² lo que se ve reflejado en el índice de cosecha. El tratamiento testigo obtuvo un 8 % de índice de cosecha mientras que los tratamientos de 400 g ha⁻¹ de TE y de 600 g ha⁻¹ de TE obtuvieron un 12

% y un 13 % respectivamente. Por otro lado, los autores afirmaron que el peso de la semilla en festuca no se vio afectado por la aplicación de TE, ya que el mismo varió desde 2,42 para el tratamiento testigo hasta 2,36 para el tratamiento con 600 g ha⁻¹ de TE sin demostrar diferencias significativas y, por lo tanto, no contribuyó al aumento del rendimiento de semillas observado.

Trabajos iniciales en Oregon (Gingrich y Mellbye, 1999, Silberstein et al., 1999) no encontraron respuesta positiva en rendimiento de semilla de festuca con la aplicación del regulador de crecimiento TE a dosis de 175 a 600 g ia/ha.

Por otra parte, Chastain et al. (2015) también en Oregon, concluyeron que las diferentes dosis de TE no tuvieron efecto entre ellas, en ningún componente de rendimiento estudiado, los cuales fueron: longitud de la panoja, número de espiguillas por panoja y número de flores por espiguilla. Dentro de este último parámetro se midieron las flores apicales, las del medio y las basales.

Para obtener los mejores resultados económicos en el control del vuelco y el aumento rendimientos de semilla de Festuca, Chastain et al. (2015) encontraron que se debía aplicar TE en una cantidad no mayor a 200 g PA/ha y que el momento debía ser entre el alargamiento temprano del tallo (Z32) y la emergencia temprana de la panoja (Z51)

2.4.2.2 Utilización del regulador de crecimiento en *Lolium multiflorum*

Mellbye et al. (2006) evaluando reguladores de crecimiento en semilleros de raigrases anuales en Oregon obtuvieron variables resultados, con tres de siete ensayos sin respuesta en rendimiento de semilla al uso de TE. En cambio, un estudio realizado por Chastain et al. (2014) donde evaluó la aplicación de nitrógeno en primavera y la interacción con el regulador de crecimiento (TE) para la producción de semilla de festuca y raigras perenne encontró que la aplicación de 200 g de TE en el momento Z32 no había tenido ningún efecto positivo sobre el rendimiento de la semilla de raigrás a menos que se aplicará N. A su vez, los

rendimientos de semillas de raigrás perenne fueron mayores con las aplicaciones tanto de N como de TE en cada uno de los tres años de cosecha.

Dentro del mismo trabajo, se pudo observar que en promedio a lo largo de los años, la combinación de N y TE aplicados en primavera aumentaron el rendimiento de semilla sobre el tratamiento control (sin N aplicado en primavera y sin TE) en 859 kg ha⁻¹ (126%) en raigras perenne y en 538 kg ha⁻¹ (75%) en festuca.

En cuanto a los componentes de rendimiento (espigas/m², espiguilla/espiga, inflorescencias/espiguilla, peso de semilla), Chastain et al. (2014) no obtuvieron diferencias significativas, pero sí mejoró el número de semillas/m². El N aplicado en primavera aumentó el peso de la semilla tanto para las plantas de raigrás y como para las de festuca. Young et al. citados por Chastain et al. (2014) encontraron que el peso de la semilla se incrementó en el raigrás perenne con aplicaciones de N y TE.

Efectos de la aplicación de TE no fue en gran medida evidente en el número de macollos fértiles como se ha señalado en estudios anteriores. La producción de macollos fértiles en raigrás perenne no se vio afectada por las aplicaciones de TE (Rolston et al., citados por Chastain et al., 2014). Las aplicaciones de TE aumentaron principalmente el índice de cosecha en raigrás perenne y festuca, e incluso cuando no es significativa, la tendencia fue que hubo un aumento en el índice de cosecha con la aplicación del PGR (Chastain et al., 2014). Dentro del mismo trabajo se afirma que existe un considerable desacuerdo en la literatura sobre los efectos de los reguladores de crecimiento y su control sobre el peso de la semilla en gramíneas perennes invernales. Borm y Van den Berg (2008), y Rolston et al. citados por Chastain et al. (2014) encontraron que el peso de la semilla no se vio afectado por el tratamiento con TE en raigrás perenne. Hebblethwaite et al., citados por Chastain et al. (2014), encontraron que la aplicación del regulador de crecimiento no afectó el peso de la semilla en raigrás

perenne, pero Griffith, citado por Chastain et al. (2014), informó que el peso de la semilla se incrementó en la misma especie.

Por otra parte un trabajo realizado por Trethewey et al. (2016) en Nueva Zelanda donde evaluaron el uso de reguladores de crecimiento (TE) sobre raigrás anual a diferentes dosis, al igual que el trabajo realizado por Chastain et al., (2014) donde se evaluó raigrás perenne, se obtuvo un aumento en la producción de semillas. Más específicamente se obtuvo que el rendimiento de semillas aumentó en todas las dosis de TE probadas en cuatro experimentos entre 51% y 66%. El aumento de rendimiento promedio de semillas con 200 g TE ha⁻¹ fue de 650 kg ha⁻¹ (rango 460–960 kg ha⁻¹) entre los experimentos; un 51% por encima del control. A 400 g TE ha⁻¹, el aumento promedio del rendimiento de semillas fue de 820 kg ha⁻¹ (rango 670–1140 kg ha⁻¹); un 65% por encima del control. No se lograron aumentos superiores en el rendimiento de semillas a tasas de TE superiores a 400 g ha⁻¹. Las aplicaciones de TE retrasó significativamente el inicio del vuelco y, en particular, mantuvo los cultivos en pie durante la anthesis. Todas las dosis de TE redujeron el vuelco en la anthesis temprana del 77 % en el tratamiento de control al 14 % o menos.

En otro trabajo, los componentes de rendimiento no se vieron afectados por la aplicación de 400 g de TE (espigas/m², espiguilla/espiga e inflorescencias/espiguilla) y a su vez, el peso de mil semillas tuvo una reducción del 7%. Pero si el índice de cosecha presentó un aumento con las dosis de 200 g ha⁻¹ y la de 400 g ha⁻¹ de TE (Trethewey et al., 2016).

El trinexapac-etil aumenta la producción de semilla de raigrás al retrasar el inicio del vuelco. El número de días desde la emergencia completa de la espiga hasta que el cultivo vuelca en un 50% está altamente correlacionado con el rendimiento de la semilla (Rolston et al., 2010).

El momento óptimo de aplicación de TE es en la aparición del segundo nudo, descrito como etapa de crecimiento de Zadoks (GS) 32. El rendimiento de

semillas aumenta en el raigrás perenne (*Lolium perenne*) un 30-50% con dosis de 300-400 g PA/ha y la respuesta al TE en NZ, es a menudo lineal hasta dosis de 800 g/ha (Rolston, citado por Rolston et al., 2004). Dentro de ese mismo trabajo, Rolston et al. (2004) evaluaron 10 cultivares de raigrás respecto al efecto del TE con una dosis de 400 gPA/ha. Se produjeron 1,9 kg de semillas extra por cada aumento de 1 g PA/ha en la dosis de TE.

No existen trabajos publicados sobre el efecto de los reguladores de crecimiento en la producción de semilla de raigrás y festuca, en latitudes similares a la de Uruguay.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El trabajo fue realizado en tres campos de productores de semilla comerciales donde se instalaron los diferentes tratamientos y se obtuvieron muestras que fueron procesadas en el Laboratorio de Análisis de Semilla de INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) pertenecientes a la estación experimental La Estanzuela ubicada en del departamento de Colonia, ruta 50, km 11.

Los ensayos fueron realizados en tres predios de semilleros comerciales. El primer predio, La Favorita, se ubica en el departamento de Soriano, ruta 14 km 229 y en este lugar se evaluó el efecto de Moddus en *Festuca arundinacea* cv. Rizar bajo riego. El segundo predio, La Esperanza, también se ubica en el departamento de Soriano, cerca de José Enrique Rodó, ruta 55, donde se evaluó el efecto de Moddus en la misma especie y cultivar pero en secano. Por último, en el establecimiento La Rinconada, ubicado en el Departamento de Rio Negro, próximo a la localidad de Young, ruta 3 km 298, se evaluó el efecto de Moddus en *Lolium multiflorum* cv. INIA Escorpio con riego.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL CLIMA EN SITIOS EXPERIMENTALES

Para la descripción del clima se utilizaron datos de las estaciones meteorológicas de Mercedes-Soriano y de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) Paysandú.

El clima de la región se caracteriza por ser templado a semi húmedo, con temperaturas promedio para el periodo analizado de 12 °C en invierno para las tres zonas. Según datos de Inumet (s.f.b), la climatología de invierno del año en estudio corresponde al promedio a escala país (12,3 °C). En primavera según climatología de primavera el promedio a escala país es de 17,5 °C. Dándose diferencias de un

grado por encima en Mercedes (18,5 °C) y un grado por debajo en Paysandú (16,5 °C) y Colonia (16,8).

El año 2020 fue caracterizado como un año Niña lo que se puede corroborar en que las precipitaciones mensuales estuvieron por debajo de los promedios históricos, excepto para el mes de septiembre en la zona de Mercedes (Figura 1 y 2). A su vez el promedio de precipitaciones en invierno y en primavera de cada zona, se encuentra muy por debajo del promedio a escala país según la climatología estacional de Inumet, (s.f.a, s.f.b). En la Figura 2 se visualizan los datos de todo el año para la zona de Paysandú con el fin de mostrar las condiciones ambientales en que se desarrolló el semillero de raigrás durante todo su ciclo. Se puede observar que la temperatura media y la histórica fue similar a lo largo del año y que las precipitaciones mensuales se encontraron por debajo del promedio histórico, excepto por los meses de Enero, Abril y Junio.

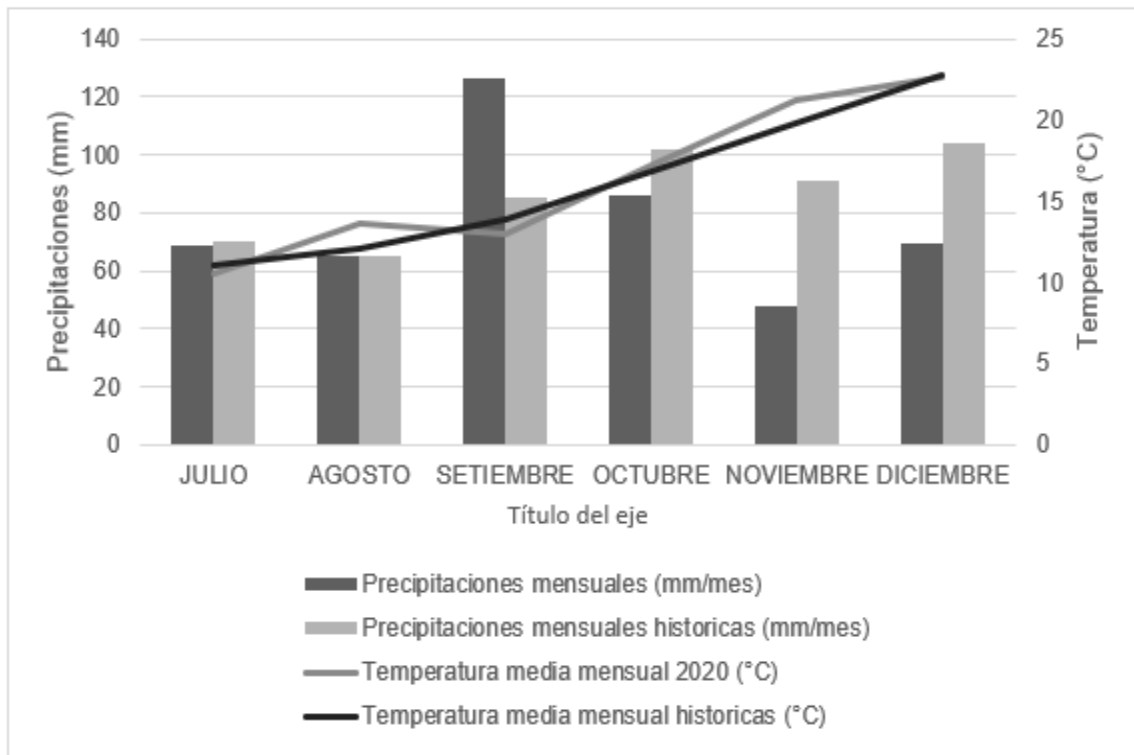


Figura No. 1: Temperaturas y precipitaciones del periodo en estudio (Jul-Dic 2020) contrastado con los promedios históricos (1961-1990) para la zona de Mercedes.

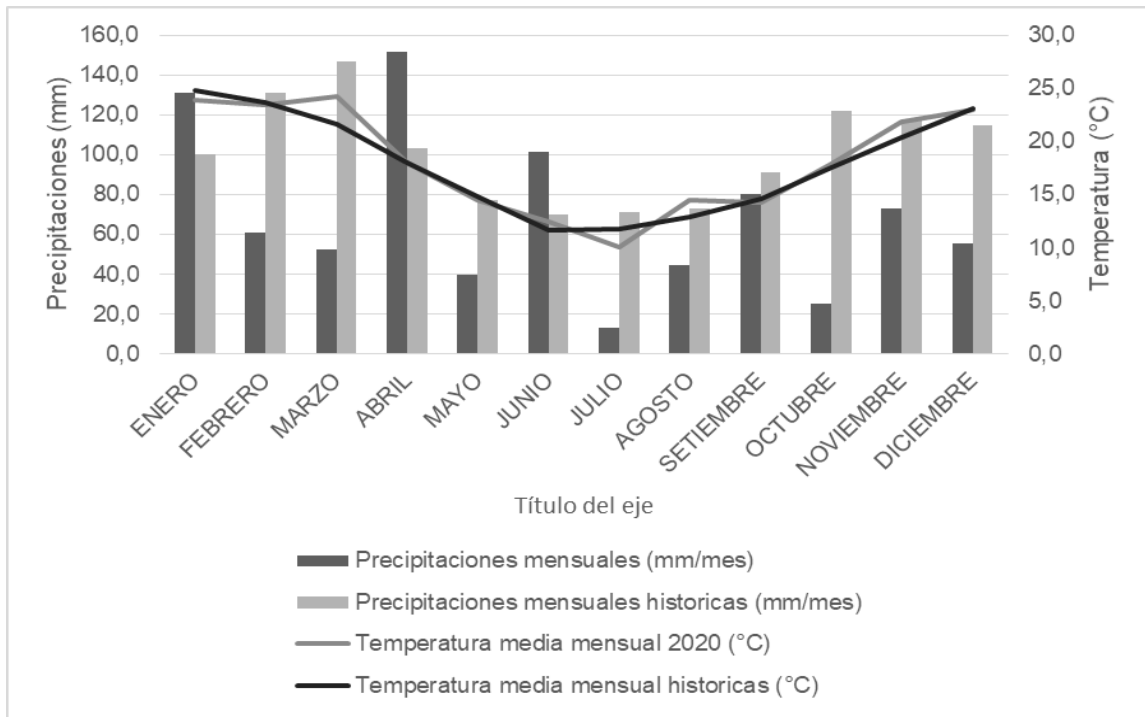


Figura No. 2 : Temperaturas y precipitaciones del periodo en estudio (Jul-Dic 2020) contrastado con los promedios históricos (1961-1990) para la zona de Paysandú.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los experimentos fueron realizados en el año 2020 en 3 semilleros: 2 correspondieron a *Festuca arundinacea* cv Rizar (uno con riego y otro en secano) y el restante a *Lolium multiflorum* cv INIA Escorpio con riego. El diseño experimental fue completamente al azar (DCA), con 3 repeticiones para los semilleros de festuca y 2 repeticiones para el raigrás. La unidad experimental fue la parcela en Festuca (12 parcelas en cada semillero) y en Lolium (9 parcelas) por

un ajuste que hubo que hacer en el diseño a campo debido a la operativa del pivot. Las parcelas en cada ensayo tuvieron tamaño variable, salvo en La Esperanza en el cual el tamaño fue único de 0.28 ha.

Los tratamientos de Moddus fueron tres más un testigo sin aplicar (total: 4 tratamientos): 400cc a Z32, 800cc a Z32, doble aplicación 400cc + 400 cc a Z32 y Z51 y testigo.

Las variables dependientes fueron el rendimiento de semilla, los componentes de rendimiento y la calidad de la semilla. Los tratamientos de Moddus se realizaron por parte del productor o contratistas, utilizando equipos de pulverización comerciales (“mosquitos”).

Como se mencionó anteriormente, el tamaño de las parcelas fue variable (Figura N° 4). Para festuca, en La Favorita, el tamaño estuvo entre 0.24 a 0.31 ha (doce parcelas) y en la Esperanza el tamaño común fue de 0,28 ha. En La Rinconada, donde se evaluó el raigrás con riego, las parcelas tenían un área variable debido al diseño del riego, entre 0.33 y 0.86 ha, siendo 9 parcelas ya que el testigo tuvo 3 repeticiones, mientras que los demás tratamientos tuvieron 2 (Figura No. 3).

Sobre estas parcelas se obtuvieron muestras para evaluar: calidad de semilla, potencial de rendimiento, perdidas de cosecha, altura de plantas, kg/ha de Materia Seca total.

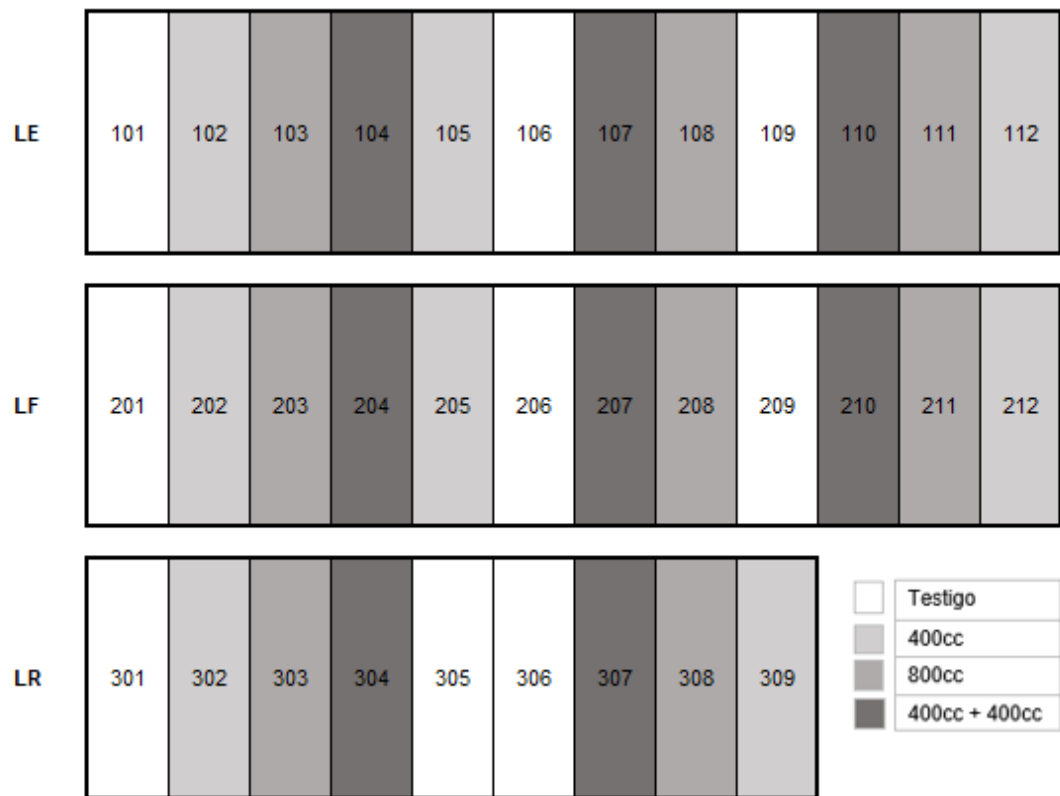


Figura No. 3 : Plano de los ensayos de cada campo (sin ajustar tamaños de parcelas). La Esperanza (LE), La Favorita (LF) y La Rinconada (LR).

LE	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
ha	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28

LF	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
ha	0,24	0,26	0,28	0,29	0,30	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31

LR	301	302	303	304	305	306	307	308	309
ha	0,86	0,82	0,80	0,76	0,71	0,66	0,61	0,43	0,33





	Testigo
	400cc
	800cc
	400cc + 400cc

Figura No. 4: Plano de los ensayos de cada campo mostrando el área de cada parcela. La Esperanza (LE), La Favorita (LF) y La Rinconada (LR).

3.4 MANEJO DE LOS SEMILLEROS

3.4.1 Festuca con riego (Predio “La Favorita”)

La fecha de siembra fue el 17 de mayo del 2019 a una distancia entre hilera de 38 cm. En el año 2020, se realizó pastoreo rotativo desde enero con cargas bajas, en febrero se ajustó la carga hasta la fecha de cierre que fue el 30 de junio.

La fertilización de otoño fue de 80 kg de N más 12 de S (Urea azufrada – N40 + S6), en agosto 80 kg de N más 12 de S (Urea azufrada – N40 + S6) y en setiembre 20 kg de N más 4 de S (Solmix -N28 + S5). El total de fertilización en el año fue de 180 N + 28 S.

A fines de octubre se realizó una aplicación del fungicida “Azoxy” (Azoxystrobin 200 gr/lit + Cyproconazole 80 gr/lit) a 400 cc/ha aplicado mediante avión.

El riego se comenzó a aplicar el 14/08/20, realizándose dos riegos en agosto de 12 mm, dos riegos de 12 mm y uno de 9 mm en septiembre, cinco riegos de 12 mm en octubre y cuatro riegos de 12 mm en noviembre, totalizando 165 mm.

La fecha de corte e hilerado fue el 16 de noviembre y la cosecha el 30 de noviembre con una humedad de la semilla por debajo de 11%. Se dispuso de tolva con balanza en la chacra para pesar la semilla cosechada de cada tratamiento, obteniéndose una muestra de semilla de cada tratamiento para su procesamiento a nivel de laboratorio.

3.4.2 Festuca secano (Predio “La Esperanza”)

La fecha de siembra fue el 10 de junio de 2018, con una densidad de 7 kg/ha y una distancia entre hilera de 38 cm. Se sembró de forma consociada con un trigo cv Génesis 2375 con una densidad de 80 kg/ha y una distancia entre hilera de 19 cm.

Se realizó corte e hilerado el 25 de enero del 2020 para producir fardos y luego se mantuvo bajo pastoreo con animales hasta el 14 de junio.

La fertilización, fue el 25 de marzo con 300 kg/ha de 0/23/30/0 (Isusa 30), y posteriormente se realizaron las siguientes fertilizaciones nitrogenadas: 1 de abril con 69 kg/ha de N (150 kg/ha de Urea - N46), 19 de mayo con 46 kg/ha de N (100 kg/ha de Urea - N46), 29 de junio con 70 kg/ha de N + 11 S (175 kg/ha de Urea azufrada – N40 + S6), 21 de agosto con 60 kg/ha de N + 9 S (150 kg/ha de Urea azufrada – N40 + S6) y el 24 de septiembre con 48 kg/ha de N + 7 S (120 kg/ha de Urea azufrada – N40 + S6), totalizando en el año 293 N + 69/90 P + 27 S.

Se realizaron 4 aplicaciones de herbicida: el 13 de abril 2,2 kg Diuron al 80% (*3-(3,4 diclorofenil)- 1,1-dimetilurea), el 18 de mayo 1,7 kg de Simazina más 1,9 kg de Diuron, el 14 de junio 900 cc Aguara (Fenoxaprop-P-Etil) y el 17 de julio 900 cc de Aguara (Fenoxaprop-P-Etil). Otros agroquímicos usados fueron: fungicida el 10 de septiembre 500 cc de EPYR (Epoconazole), fungicida, insecticida y bioestimulante el 6 de octubre 500 cc de Elatus Ace (Benzovindiflupir más Propiconazole), 100 cc de Escolta (Triflumuron), 1 litros de Amino Terra (Amionoácidos, Acidos fúlvicos, Nitrógeno, Boro, Manganeso y Zinc) y fungicida

más insecticida el 30 de octubre 400 cc de EVOS (Ciproconazol mas azoxistrobin) y 100 cc de Escolta (Triflumuron).

La fecha de corte e hilerado fue el 12 de noviembre y la cosecha se realizó el 17 del mismo mes con 15% de humedad en la semilla. Se dispuso de tolva con balanza en la chacra para pesar la semilla cosechada de cada tratamiento, obteniéndose una muestra de semilla de cada tratamiento para su procesamiento a nivel de laboratorio.

3.4.3 Raigrás con riego (Predio “La Rinconada”)

La fecha de siembra del raigrás cv. INIA Escorpio fue el 7 de mayo del 2020, con una distancia entre hilera de 19 cm. El manejo del forraje fue en base a 2 pastoreos rotativos hasta el 19 de septiembre que fue la fecha de cierre.

La fertilización inicial luego del primer pastoreo fue con 40 kg/ha de N más 6 kg/ha de S (Urea azufrada – N40 – S6), posterior al cierre se aplicaron 150 kg de N en 3 momentos: al cierre 60 de N, a los 25 días 60 de N y a los 20 días 30 de N, la fuente fue Solmix (N28 más S5) aplicados con fertirriego. El total de fertilización fue de 190 de N más 33 de S.

Se realizaron dos aplicaciones del fungicida Avatar (Azoxistrobin 200 g/lit + Ciproconazole 80 g/lit) a fines de octubre y a espigazón.

El riego comenzó en septiembre, totalizando 200 mm aproximadamente.

La fecha de corte e hilerado fue el 8 de diciembre y la cosecha el 11 de diciembre. Se dispuso de tolva con balanza en la chacra para pesar la semilla cosechada de cada tratamiento, obteniéndose una muestra de semilla de cada tratamiento para su procesamiento a nivel de laboratorio.

3.5 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO EN EL LABORATORIO

3.5.1 Potencial

3.5.1.1 Unidad de trabajo y objetivo

Las muestras para calcular el potencial de rendimiento se obtuvieron pre-hilerado de las parcelas de cada tratamiento y de cada repetición. En todos los casos consistieron de muestras de plantas enteras cortadas al ras del suelo y de un metro de largo y dos líneas de la sembradora. El área de estas muestras varió en base a la distancia entre hileras de cada semillero. Se tomaron tres submuestras de cada parcela.

A partir de estas muestras se calcularon los componentes del rendimiento. Se contaron el número de inflorescencias de cada submuestra, luego se trillaron a mano, lo trillado se pesó (Peso sucio) y luego se maquinaron individualmente para obtener el peso limpio y sobre esas muestras se evaluaron los parámetros de calidad (peso de 1000 semillas y germinación).

3.5.1.2 Proceso de limpieza

El proceso de limpiado incluyó dos pasadas por zaranda y viento (Clipper), realizándose re-trillado de las muestras entre ambas pasadas, luego se utilizaron cilindros alveolados (trieurs) para separar impurezas por largo y finalmente se terminaron con una limpiadora por aspiración (Damas). Los ajustes principales se realizaron entre las muestras de *Festuca arundinacea* y *Lolium multiflorum*.

3.5.1.3 Determinación de los parámetros de calidad

Una vez obtenida la semilla limpia se contaron 100 semillas de cada submuestra de cada parcela (300 semillas por parcela) y con esto se determinó el peso de 1000 semillas.

Se colocaron a germinar dos sub-muestras de cada parcela. Estas muestras se pusieron en frío durante 7 días para levantar dormancia y luego se

pasan a la cámara de germinación (20/30°C) durante 14 días con conteos a los 7 días y a los 14 días.

3.5.2 Rendimiento de chacra

3.5.2.1 Unidad de trabajo y objetivo

La unidad de trabajo fue la muestra de semilla de cosechadora. Los kg obtenidos de la maquina se pasaron a kg/ha con el área de cada parcela. Como se mencionó anteriormente el área de cada tratamiento fue variable excepto por el caso de la Festuca de secano (La Esperanza) que el área fue de 0,28 ha. El objetivo fue calcular el rendimiento de semilla limpia y evaluar la calidad de la semilla. Se calculó el porcentaje de semilla limpia de cada muestra de chacra (resultado de la maquinación), el cual se utilizó para calcular el rendimiento de semilla limpia y sobre esa semilla se obtuvieron los datos de peso de mil semillas y poder germinativo (%).

3.5.2.2 Proceso de limpieza

Para el cálculo del rendimiento de semilla limpia, se utilizó una muestra inicial tomada de la tolva de la cosechadora. Se redujo la muestra inicial a un tamaño común de 500 grs debido a que todas las muestras eran heterogéneas, para homogeneizar las muestras se utilizó un cuarteador y una balanza. Cabe aclarar que hubo algunas muestras de *Lolium multiflorum* que no llegaban al peso inicial de 500 gr. Una vez obtenida la muestra de 500 gr (muestra de trabajo), se realizó el proceso de maquinación el cual fue diferencial debido a las condiciones de las muestras. En el caso de la festuca que proviene del establecimiento La Favorita se utilizó únicamente la clipper, una máquina de zaranda y viento. En el caso de la muestra proveniente del establecimiento La Esperanza, se utilizó la clipper y a su vez, debido a la presencia de mucho material verde y semilla vacía, se utilizó para finalizar, una máquina de aspiración (Damas). Por último, para las muestras de *Lolium multiflorum* solo se utilizó la clipper. Luego de tener la muestra

limpia, se pesó y se calculó el porcentaje de pérdida por maquinación que permitió calcular el rendimiento limpio de las parcelas.

3.5.2.3 Determinación de parámetros de calidad de semillas

El peso de 1000 y el poder germinativo se calcularon para todas las parcelas, sobre una base de 200 semillas en dos repeticiones de 100 semillas.

La germinación fue realizada siguiendo las normas ISTA (2022). Se realizó sobre papel, con 5 días en heladera a 5 °C para levantar dormancia y luego se colocaron en cámaras de germinación con temperatura alterna 20/30 °C, realizándose, un recuento a los 7 días y otro a los 14 días.

3.5.3 Determinación de pérdidas de semilla

3.5.3.1 Unidad de trabajo y objetivo

El dato de pérdidas de semilla se obtuvo en base a 3 muestras tomadas en cada parcela del semillero, o sea, 3 repeticiones por cada tratamiento. Cada muestra fue de 0,25 m² en base a un cuadro de 50x50cm y seleccionando los lugares de muestreo al medio de la parcela buscando áreas representativas y donde la maquinaria (hileradora y cosechadora) viniera trabajando fluidamente. El área a muestrear se succionó con una aspiradora industrial. La muestra denominada Pre-Cosecha (PRE) se obtuvo entre hileras de gavilla y previo a la pasada de la cosechadora. La muestra Hilera (H) se obtuvo luego de la pasada de la cosechadora en una zona cercana a la PRE, pero seleccionando donde estaba originalmente la hilera o gavilla. La muestra Post-Cosecha (POS) se obtuvo luego de la pasada de la cosechadora, exactamente del mismo lugar donde se había sacado la muestra PRE.

3.5.3.2 Proceso de limpieza

La semilla obtenida en cada muestreo, se limpió a mano con zarandas de distintos tamaños. Luego se realizó un proceso de maquinación utilizando el cilindro alveolado (Trieurs) y la limpiadora por aspiración (Damas). Cabe destacar

que se tuvieron que regular las máquinas para cada especie. Una vez que se obtuvo una muestra limpia y se comprobó con difanoscopio que todo era semilla, se pesó.

3.5.4 Determinación de la producción de materia seca total a cosecha, el índice de cosecha y altura de las plantas.

La materia seca total a cosecha representa la totalidad de la producción vegetal generada desde el momento del cierre del semillero hasta el momento de su hilerado. Incluye los tallos, hojas, inflorescencias y semillas producidos en ese período. La misma se midió al momento del hilerado, cortando a ras del suelo las plantas de un área de 50 cm por dos hileras de ancho. Este trabajo fue realizado para cada tratamiento. Las muestras fueron secadas en estufa para obtener el valor de materia seca.

El índice de cosecha se calculó dividiendo el rendimiento de semilla en kg/ha sobre la materia seca total en kg/ha.

Al igual que la producción de materia seca a cosecha, la altura de las plantas fue medida en el momento del hilerado con una cinta métrica. Se midió desde la base de la planta hasta la punta de la espiga. Realizándose tres mediciones en cada sitio y tres sitios de mediciones en cada parcela, estos lugares fueron los mismos donde se obtuvieron las muestras para potencial de rendimiento. En total fueron 3 lugares en cada parcela.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.6.1 Modelo estadístico

Cada ensayo se ajusta al modelo del DCA que corresponde a: Y_{ij}
 $= \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ Con iid $\varepsilon_{ij} \sim N(0; \sigma^2)$

Dónde: $Y_{(ij)}$: variable dependiente, μ : Media poblacional, τ_i : Efecto del regulador de crecimiento, ε_{ij} : Error experimental.

Para el análisis de datos se utilizó el modelo de diferencia mínima significativa de “Tukey” por medio del programa Infostat, con una probabilidad de error (alfa) de 0,05 y 8 grados de libertad en el error para los ensayos de festuca y para los ensayos de raigrás se trabajó con 5 grados de libertad en el error.

4. RESULTADOS

4.1 POTENCIAL

4.1.1 Inflorescencias/m²

El primero de los componentes de rendimiento que se analizó fue inflorescencias/m² o tallos/m². Si bien se observó una variación en la cantidad de inflorescencias por metro cuadrado entre los diferentes tratamientos, en ninguno de los predios se observaron diferencias significativas entre tratamientos para este carácter.

En el cuadro N° 1 se pueden observar los valores promedios de inflorescencias/m². En la festuca Rizar con riego del predio de La Favorita el promedio fue de 435 inflorescencias/m². Para el caso de la festuca Rizar de secano de La Esperanza el valor promedio de inflorescencias/m² fue de 723. Por último, en el raigrás INIA Escorpio de La Rinconada se registró un número de inflorescencias/m² promedio de 588.

Cuadro No 1: Número de Inflorescencias/m² para los tres ensayos.

Tratamientos	Raigras INIA Escorpio	Festuca Rizar (con riego)	Festuca Rizar (secano)
	La Rinconada	La Favorita	La Esperanza
	Inflorescencias/m ²		
Testigo	604	397	703
Moddus 400cc (Z32)	552	460	748
Moddus 800cc (Z32)	557	387	699
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	639	498	743
	ns	ns	ns
CV (%)	7,83	20,19	7,63
Promedio	588	436	723

4.1.2 Potencial: kg/ha semilla limpia

Al igual que el caso del número de inflorescencias/m², no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos. En el cuadro N° 2 se puede observar que, en el ensayo de la Festuca Rizar bajo riego el potencial de semilla limpia promedio fue de 1148 kg/ha. En el ensayo de la festuca Rizar en seco del predio La Esperanza el rendimiento potencial de semilla limpia promedio fue de 751 kg/ha. Por último, en el ensayo del raigrás INIA Escorpio de La Rinconada, el promedio del potencial de semilla limpia fue de 2176 kg/ha.

Cuadro No 2: Potencial de kg/ha limpios para los tres ensayos.

Tratamientos	Raigras INIA Escorpio	Festuca Rizar (con riego)	Festuca Rizar (secano)
	La Rinconada	La Favorita	La Esperanza
	Kg/ha limpios		
Testigo	2165	1092	710
Moddus 400cc (Z32)	1854	1270	826
Moddus 800cc (Z32)	2366	1054	690
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	2319	1177	778
	ns	ns	ns
CV (%)	17,8	17,5	15,97
Promedio	2176	1148	751

Además de determinar el potencial con las muestras obtenidas en cada tratamiento de cada ensayo, se evaluó la calidad de la semilla, a través de su Poder Germinativo (PG) y peso de mil semillas (P1000). Si bien, no se lograron identificar diferencias significativas se puede observar que los tres ensayos tuvieron un alto poder germinativo, casi todos por encima del 90%. Respecto al peso de mil semillas, en el ensayo de raigrás el valor promedio fue de 3.44 gr. En el ensayo de festuca Rizar en seco el peso de 1000 promedio fue de 2.16 gr. Por último, en el ensayo de la festuca Rizar bajo riego el peso de mil semillas fue de 2.54 gr.

Cuadro No 3: Calidad de la semilla (Potencial) evaluado como Poder germinativo (PG) y peso de mil semillas (P1000) para los tres ensayos.

Tratamientos	Raigras INIA Escorpio		Festuca Rizar (con riego)		Festuca Rizar (secano)	
	La Rinconada		La Favorita		La Esperanza	
	PG	P1000	PG	P1000	PG	P1000
Testigo	97	3,49	91	2,54	95	2.17
Moddus 400cc (Z32)	98	3,39	92	2,56	95	2.14
Moddus 800cc (Z32)	98	3,47	89	2,59	97	2.17
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	98	3,41	86	2,47	96	2.17
	ns	ns	ns	ns	ns	ns

4.2 RENDIMIENTO DE CHACRA

Los resultados de rendimiento obtenidos directamente de las macro-parcelas donde se establecieron los tratamientos de Moddus y cosechadas con la maquinaria del productor dieron para la Festuca Rizar con riego de La Favorita un rendimiento promedio de 895 kg/ha de semilla limpia, con un rendimiento del proceso de maquinación promedio de 95 % (Cuadro N° 4). Al igual que en los componentes de rendimiento y parcelas de potencial, no se obtuvieron diferencias significativas para el rendimiento de semilla bajo distintos tratamientos de Moddus.

Cuadro No 4: Rendimiento de semilla (kg/ha limpios) y % de rendimiento de maquinación para los tres ensayos.

Tratamientos	Raigras INIA Escorpio		Festuca Rizar (con riego)		Festuca Rizar (secano)	
	La Rinconada		La Favorita		La Esperanza	
	Kg/ha limpios	% Maq	Kg/ha limpios	% Maq	Kg/ha limpios	% Maq
Testigo	1526	89	953	95,6	814	85,2
Moddus 400cc (Z32)	1591	86	862	94,5	728	87
Moddus 800cc (Z32)	1633	88	911	96,3	713	82,8
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	1543	85	856	95,8	748	78,3
	ns		ns		ns	
CV (%)	3,71		6,78		8,75	
Promedio	1573	87	896	96	751	83

En la figura N° 5 se puede observar el efecto de las diferentes dosis de Moddus en el peso de mil semillas y PG de la festuca Rizar con riego de La Favorita respecto a la semilla cosechada por el productor. Si bien el tratamiento con 800cc presentó el valor más alto de peso de 1000 semillas y el testigo para poder germinativo, no se vieron diferencias significativas entre los tratamientos.

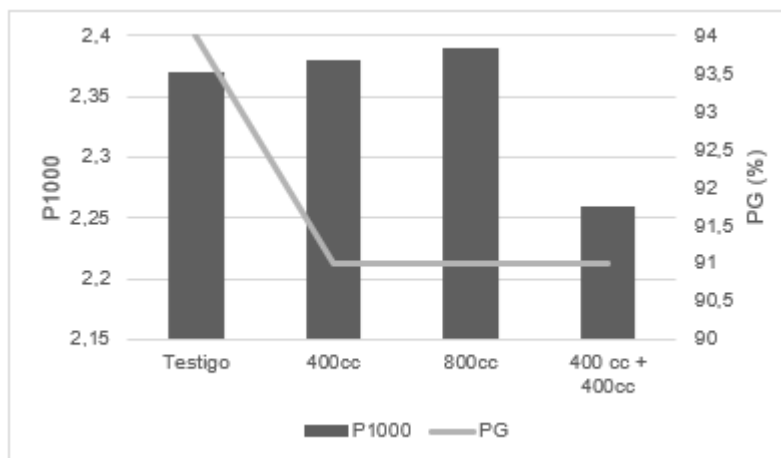


Figura No. 5: Efecto de las dosis de Moddus sobre el peso de mil semillas (P1000) y el potencial germinativo (PG %) para el caso de Festuca Rizar con riego (LF).

Para el caso de la Festuca Rizar sin riego, tampoco existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en la cosecha a escala, aunque el testigo tiende a tener más kg/ha limpios seguido por la doble aplicación de 400cc y por último ambas aplicaciones de 400cc y 800cc (Cuadro N° 5). En el mismo cuadro se puede observar que el rendimiento promedio fue de 751 kg/ha y el rendimiento de maquinación fue 83 % en promedio. Dentro del mismo ensayo pero tomando en cuenta la calidad de la semilla, la dosis de 400cc y 800cc fueron las que tuvieron una tendencia a mayores pesos de mil semillas y germinación (Figura N° 6) aunque sin diferencias significativas como se puede observar en el cuadro N° 5.

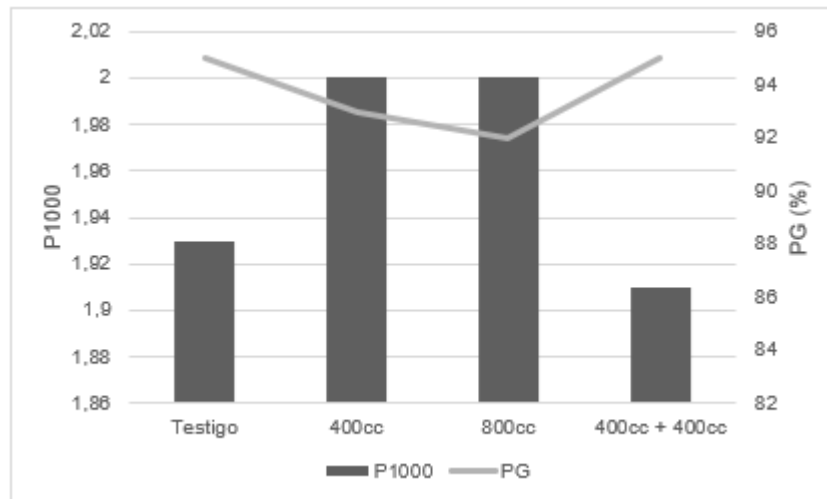


Figura No. 6: Efecto de las dosis de Moddus en peso de mil semillas (P1000) y el potencial germinativo (PG %) para el ensayo de festuca Rizar de secano (LE).

En el predio La Rinconada se evaluó el raigrás italiano INIA Escorpio. En términos de rendimiento de semilla en kg/ha limpios cosechados en chacra, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. En promedio se obtuvo un rendimiento de semilla limpia de 1568 kg/ha y un rendimiento de maquinación

de 87% (Cuadro N° 4). No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos respecto a la calidad de la semilla (Cuadro N° 5), aunque la doble aplicación de 400cc fue la que presentó los valores más altos de peso de mil semillas, y el testigo presentó los mayores valores de germinación (Figura N° 7).

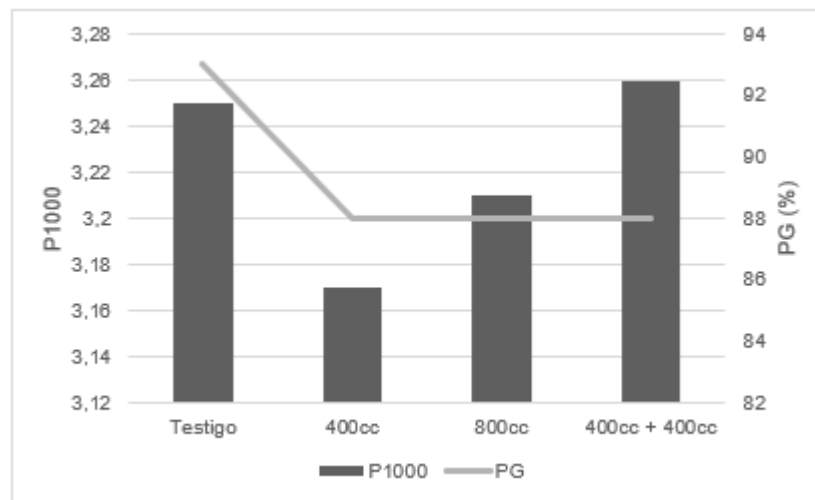


Figura No. 7: Efecto de los tratamientos de Moddus en peso de mil semillas (P1000) y germinación (PG %) para el ensayo de raigrás anual (LR).

Al igual que con las parcelas donde se evaluó el potencial de rendimiento de semilla, se realizó la determinación de los parámetros de calidad: poder germinativo y peso de mil semillas. En este caso, como se trata de los datos de chacra, se puede ver que en general, los valores aunque son similares, tienden a ser algo menores respecto a los obtenidos en las parcelas de potencial. De igual forma, se puede destacar un muy buen poder germinativo de la semilla de chacra en los tres ensayos. En cuanto al peso de mil semillas, los resultados de la semilla de chacra mantienen similares tendencias que en el caso de las parcelas de potencial, con valores de los tratamientos de raigrás superiores a los 3.0 gr y las festucas superiores a los 2.0 gr, destacándose nuevamente la festuca con riego.

Cuadro No 5: Calidad de la semilla evaluada como Poder germinativo (PG) y peso de mil semillas (P1000) para los tres ensayos.

Tratamientos	Raigras INIA Escorpio		Festuca Rizar (con riego)		Festuca Rizar (secano)	
	La Rinconada		La Favorita		La Esperanza	
	P1000	PG (%)	P1000	PG (%)	P1000	PG (%)
Testigo	3,25	93	2,37	94	1,93	95
Moddus 400cc (Z32)	3,17	88	2,38	91	2	93
Moddus 800cc (Z32)	3,21	88	2,39	91	2	92
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	3,26	88	2,26	91	1,91	95
	ns	ns	ns	ns	ns	ns

4.3 PÉRDIDAS

Como ya fue mencionado en materiales y métodos las pérdidas de semilla en el proceso de cosecha se midieron en una combinación de momentos y lugares, esto se expresó en mediciones: pre cosecha (PRE), hilera (H) y pos cosecha (POS). Las PRE representa la semilla que cayó previo al hilerado y durante el mismo, se genera por atraso en la fecha de corte o por la realización del mismo en condiciones de baja humedad relativa. Las pérdidas en H se dan por atrasos en la fecha de cosecha, unidos a vientos, lluvias o granizos que provocan el movimiento de la semilla seca y su desgrane. Inadecuados equipos o regulaciones del recolector de la cosechadora también aumentan las pérdidas que se miden en H. Por último, las pérdidas POS son debidas a una mala regulación de la cosechadora ya sea por sus vientos o por la velocidad de avance.

Las pérdidas no eran el objetivo central del trabajo y por lo tanto, sus resultados no fueron analizados estadísticamente. Se presentan aquí como una referencia de este proceso en cada ensayo.

Cuadro No 6: Cuantificación de las pérdidas de semilla (kg) en tres momentos Pre (pre cosecha), Hil (hilera), Pos (post cosecha) y PC (total de pérdidas en cosecha) para los tres ensayos.

Tratamientos	Raigras INIA Escorpio			Festuca Rizar (con riego)				Festuca Rizar (secano)			
	La Rinconada			La Favorita				La Esperanza			
	PRE + POS	H	PC	PRE	H	POS	PC	PRE	H	POS	PC
Testigo	297	183	480	112	118	63	292	17	24	17	58
Moddus 400cc (Z32)	581	88	669	115	144	120	379	8	57	14	78
Moddus 800cc (Z32)	180	49	229	58	83	148	289	26	33	25	83
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	93	225	318	86	148	79	369	26	26	21	74
Promedio	287,75	136,3	424	92,75	123,25	102,5	332,3	19,25	35	19,25	73,25

El promedio de pérdida de semilla en el proceso de cosecha en la festuca Rizar con riego de La Favorita fue de 332 kg/ha (Cuadro N° 6). Como se puede observar en el cuadro a pesar de que existen importantes variaciones entre tratamientos a nivel de momento y lugar de las pérdidas, el promedio de las mismas es relativamente similar entre ellas (93 a 123 kg/ha).

En la festuca Rizar de secano del predio La Esperanza las pérdidas de semilla promedio fue de 73 kg/ha. Siendo el lugar donde ocurrieron las mayores pérdidas la hilera, aunque con un valor relativamente bajo de 35 kg/ha (24 – 57 kg/ha) tal y como se puede ver en el Cuadro N° 6.

Por último, en el raigrás INIA Escorpio de La Rinconada las pérdidas de semilla promedio en el proceso de cosecha fue de 424 kg/ha. En este caso no se realizó la muestra pre cosecha, por lo que se pudo cuantificar las pérdidas en la hilera y el conjunto de las pérdidas pre cosecha y pos cosecha. En el cuadro N° 6, se observa una importante variación en los momentos y lugares, y entre tratamientos, lo cual se refleja claramente en las pérdidas totales que variaron de 229 a 669 kg/ha.

4.4 MATERIA SECA TOTAL A COSECHA

El ensayo de la festuca Rizar con riego acumuló en el periodo de 139 días que fue desde su cierre al hilerado un promedio de materia seca total de 18.770 kg MS/ha y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro N°7). Para el caso de festuca Rizar de secano el período entre cierre del pastoreo y el hilerado fue de 151 días y la producción total promedio de materia seca fue 10.796 kg MS/ha, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro N° 7).

Por último, en el ensayo de raigrás INIA Escorpio el pastoreo fue retirado el 19 de setiembre y el hilerado tuvo lugar el 8 de diciembre (80 días) generándose en ese período una producción total promedio de materia seca de 11.845 kg MS/ha, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos (cuadro N° 7).

Cuadro No 7: Producción de Materia Seca Total a Cosecha para los tres ensayos.

	Raigras INIA Escorpio	Festuca Rizar (con riego)	Festuca Rizar (secano)
Tratamientos	La Rinconada	La Favorita	La Esperanza
	Kg MS/ha		
Testigo	11824	19090	10744
Moddus 400cc (Z32)	14217	18808	10883
Moddus 800cc (Z32)	10677	17141	11069
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	10663	20043	10488
	ns	ns	ns
Promedio	11845	18771	10796

4.5 ALTURA DE PLANTAS

La altura de las plantas fue el único parámetro dentro de todo el trabajo que dio resultados con diferencias significativas en algunos ensayos. Más específicamente para el caso de la festuca Rizar de secano al momento de hilerado mostró diferencias significativas, siendo la altura del testigo mayor al resto de los tratamientos. No existiendo diferencias entre los tratamientos 400 y 800 de Moddus, siendo el tratamiento de 400+400 de Moddus el que tuvo una menor altura, lo que se observa en el Cuadro N° 8. En la Festuca con riego, aunque se manifiesta una tendencia en los valores, no se detectaron diferencias entre los tratamientos (Cuadro N°9).

Cuadro No 8: Altura de Festuca Rizar sin riego.

	Festuca Rizar secano
Tratamientos	La Esperanza
	Altura de planta (cm)
Testigo	113a
Moddus 400cc (Z32)	105,6b
Moddus 800cc (Z32)	102,5b
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	95,8c

Cuadro No 9: Altura de Festuca Rizar con riego.

Tratamientos	Festuca Rizar riego
	La Favorita
	Altura de planta (cm)
Testigo	126a
Moddus 400cc (Z32)	121a
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	120a
Moddus 800cc (Z32)	119a

En el ensayo del Raigrás se encontró diferencias significativas entre el tratamiento testigo y el tratamiento de Moddus 800, donde la altura se redujo a 85 cm respecto a los 100 cm del testigo. No existieron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de Moddus. (Cuadro N° 10).

Cuadro No 10: Altura de Raigrás Escorpio con riego.

Tratamientos	Raigras Escorpio riego
	La Rinconada
	Altura de planta (cm)
Testigo	100a
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	93ab
Moddus 400cc (Z32)	88ab
Moddus 800cc (Z32)	85b

5. DISCUSIÓN

La ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos para la mayoría de las características evaluadas, excepto por la determinación de la altura de las plantas, llevó a plantear la discusión principalmente, como un análisis de los resultados obtenidos tanto en la evaluación de parcelas, potencial y pérdidas de este trabajo, respecto a otros trabajos de similares características realizados a nivel nacional e internacional. Los trabajos internacionales citados corresponden principalmente a dos de las regiones productoras de semillas de gramíneas forrajeras más importantes del mundo, el valle del Willamete (Oregon, USA) y Christchurch (Nueva Zelanda). El clima en estos sitios es muy diferente a Uruguay lo que debe ser considerado al comparar resultados. Ambas regiones se encuentran en latitudes mayores a Uruguay (33-34° S), Oregon y Nueva Zelanda (42-45° N y S), lo cual determina valores de temperatura y horas luz claramente contrastantes. La temperatura (Max/Min) al fin del invierno (1° Agosto o su equivalente en hemisferio Norte) es de 16.4 / 7.5 °C en Uruguay y de 10-11 / 2-4 °C en NZ y Oregon, indicando un mayor periodo de vernalización para los macollos en estas regiones. Las temperaturas medias al final del ciclo productivo en Uruguay (1° Noviembre) son de 24.6/12.4 °C, mientras en NZ y Oregon (1° Diciembre) las mismas son de 18.4-19.9 / 8.9-6.5 °C, valores que reflejan mejores condiciones para llenado de la semilla y proceso fotosintético para gramíneas templadas. Por último, las horas de luz al final del ciclo productivo en Uruguay (1° Dic) son 13:25, mientras que en NZ y Oregon son 15:09 y 15:20 respectivamente. Estos elementos en su conjunto favorecen al crecimiento y producción de semilla en Nueva Zelanda y Oregon, a través de más macollos inducidos a reproductivos, procesos de floración, cuajado y llenado de grano, más lentos y en mejores condiciones de luz y temperatura lo que determina más número de semillas por inflorescencias y mayor peso de la semilla. La fecha de cosecha de cultivares similares, se produce 30-45 días más tarde en NZ/Oregon que en Uruguay debido, en buena medida, a las condiciones climáticas indicadas. También se realizarán comentarios de los

resultados obtenidos en los ensayos con similar cultivar (La Favorita y La Esperanza). Por último, se hará una breve reseña a los posibles motivos de la no existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

5.1 ENSAYOS DE FESTUCA ARUNDINACEA CV. RIZAR

El objetivo principal del trabajo era evaluar el efecto del uso del regulador de crecimiento (TE) en la producción de semilla de *Festuca arundinacea*. Existen trabajos como el de Chastain et al. (2015) donde se afirma que la dosis y el momento de aplicación de TE no influyeron en el rendimiento de las semillas, aunque a diferencia de los resultados en Festuca Rizar, sí tuvieron un efecto positivo en producción de semilla debido a la aplicación de TE. Si se observan los resultados obtenidos para el caso de la festuca con riego y de seco, precisamente dentro de la evaluación del rendimiento de chacra se puede observar que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos medidos como kg/ha limpios. Sumado a lo anterior, cuando se determinaron los componentes de rendimiento como el número de inflorescencias/m² y la calidad de semilla, se obtuvo como resultado que no había diferencias significativas en ninguno de los dos ensayos de festuca: bajo riego y en seco. Esto se podría asociar a lo que se vio en trabajos como el realizado por Chastain et al. (2015) donde las diferentes dosis de TE no tuvieron efecto en ningún componente de rendimiento estudiado, los cuales fueron: longitud de la panoja, número de espiguillas por panoja y número de flores por espiguilla. A su vez, dentro del mismo trabajo se afirma que no hubo efecto del uso de TE en la calidad de la semilla medida como peso de mil semillas. Es importante resaltar que en este trabajo citado si hubo un efecto positivo en la aplicación de Moddus respecto a la no aplicación.

Rolston et al. (2004) y Chastain et al. (2015) obtuvieron reducciones en la longitud del tallo y en el vuelco con el uso de reguladores de crecimiento. En este caso, si bien no son directamente comparables ya que no se midió el % de vuelco ni la longitud del tallo, si se podría decir que hubo un efecto similar para el caso de la Festuca Rizar sin riego donde se encontraron diferencias significativas en altura

de planta. Como se mencionó anteriormente, la altura de la planta y la reducción del vuelco son parámetros diferentes por lo que hacer una comparación de forma lineal sería un error. No se reportan datos de vuelco en los ensayos en festuca Rizar ya que no se observó una manifestación del mismo en estos ensayos.

Por otra parte, teniendo en cuenta los datos obtenidos de potencial de rendimiento en chacra y las pérdidas, los trabajos nacionales en producción de semilla de festuca se centraron casi exclusivamente en el cultivar Estanzuela Tacuabé, ya que fue el principal cultivar a nivel nacional durante muchos años, debido a que el mismo fue el primer cultivar de esta especie mejorado en Uruguay (INIA, 2017). Si bien este cultivar es diferente al utilizado en nuestros ensayos, se puede tomar como representativo ya que se trata de un material de tipo continental, de ciclo similar y con buen potencial de producción de semilla.

En la evaluación del potencial, se registró el número de inflorescencias/m² siendo en promedio para la festuca con riego de 436 (Cuadro N°1) y para la festuca en seco de 723 inflorescencias/m². Ambos datos son claramente superiores a las 234 inflorescencias/m² promedio que indica Formoso (2010) en su trabajo sobre *Festuca arundinacea*. Lo mismo ocurre en la tesis de Gorriti y Pérez del Castillo (1998) que obtuvieron un promedio de 250 inflorescencias/m². Siendo el número de inflorescencias uno de los principales componentes de rendimiento, es de esperar que las diferencias de rendimiento observado entre los trabajos anteriores y el actual en Rizar se deban principalmente a este factor. No es de descartar diferencias a nivel de las variedades utilizadas en unos y otros estudios, pero sin duda que ha existido un cambio en el manejo de los semilleros, superando varios de los puntos débiles que se indicaban en el estudio de García et al. (1991), como son los casos de la fecha de cierre y el manejo de la fertilización nitrogenada. A su vez, comparamos los resultados en Rizar, con un trabajo en Argentina, en el centro regional de Buenos Aires (Estación Experimental Agropecuaria Balcarce), donde se utilizó *Festuca arundinacea* genotipo selección Experimental Balcarce, donde en promedio se obtuvo 283 inflorescencias/m² (Castaño, 1995), sus

resultados, si bien se podrían deber a una causa similar a la que se daba en Uruguay, donde eran comunes los problemas de manejo, o al cultivar utilizado, el bajo número de inflorescencias no deja de ser un factor limitante para la obtención de altos rendimientos. Resultados en Oregon, USA indican valores de inflorescencias similares a los del presente estudio (Orthel et al., 2004) 525 a 747 inflorescencias/m², e incluso superiores en el caso de Chastain et al. (2014), donde se reportan valores entre 474 y 1302 Infl/m².

El rendimiento de semilla a nivel de chacra evaluado en las macro-parcelas en el ensayo de festuca con riego en el predio de La Favorita fue en promedio de 895 kg/ha y para el caso de la festuca en secano ubicada en el predio de La Esperanza el promedio fue de 751 kg/ha (Cuadro N°4). Ambos rendimientos estuvieron muy por encima de los resultados reportados por Formoso (2010) a nivel de ensayos, los cuales se encontraban en el entorno de los 300-400 kg/ha, en un estudio realizado bajo diferentes tipos de rastrojo y tipos de siembra. Lo mismo ocurre si se compara con otro trabajo a nivel nacional, en este caso una tesis de Gorriti y Pérez del Castillo (1998) de fertilización nitrogenada de festuca, donde el rendimiento limpio estuvo en torno a los 350 kg/ha. Estas diferencias pueden deberse a cambios en el manejo de los semilleros, ya que como indica Mari et al. (2017), el promedio nacional se ha incrementado mucho desde el año 2005 en adelante y ya es posible encontrar productores con rendimientos de 1.000 kg/ha. También puede ser debido al cultivar utilizado, ya que como se mencionó anteriormente, todos estos trabajos previos fueron en base a la Festuca cv. Estanzuela Tacuabé, mientras que el material que se utilizó en este trabajo es el cultivar Rizar, el cual tiene una producción total de forraje un 21 % superior a Estanzuela Tacuabé (INIA, 2017).

Las pérdidas en cosecha fueron muy diferentes entre ambos sitios. En el caso de la festuca con riego, se registró un promedio de 332 kg/ha de pérdidas en el proceso de cosecha, donde la mayor pérdida se obtuvo en la hilera, con un promedio de 137 kg/ha (Cuadro N° 6) lo que representa un 40% del total de

pérdidas. Estos valores de pérdidas fueron muy importantes y significaron un 27% de semilla que se dejó sin cosechar. Por otro lado, dentro de la evaluación en la festuca de secano se obtuvo un promedio de pérdida de 73 kg/ha en el proceso de cosecha y de igual forma que en el caso de la festuca con riego, los mayores valores de pérdidas se obtuvieron en la hilera con 35 kg/ha el cual representa el 47 % de las pérdidas totales. En este caso, los valores de pérdida se pueden considerar como bajos, significando solo el 8.8% de lo que se disponía para cosechar. Ambos datos coinciden con lo que surge del trabajo de Castaño (1995) de que las principales pérdidas ocurren dentro de la operación del corte hilerado y pueden variar entre un 40 a 59%. En cuanto a las pérdidas totales del proceso de cosecha, si se compara con lo obtenido en el trabajo de Formoso (2010), la festuca con riego se encuentra muy por encima de los 90 kg/ha en promedio que surge de ese estudio, y para el caso de la de secano por debajo, pero con una mayor similitud dentro de la distribución de las pérdidas.

El peso de mil semillas en promedio fue de 2,35 g para el caso del ensayo de festuca con riego y de 1,96 g para el caso de secano (Cuadro N°5) ambos datos se encuentran en el entorno de 2,2 g de peso de mil semillas que indica Formoso (2010) como adecuado para una correcta implantación. A su vez afirma que en condiciones de estrés el peso de mil semillas puede llegar hasta 1,5 g, y en buenas condiciones de fertilización y manejo puede llegar a valores de 2,8 g. Sin llegar a los extremos indicados por Formoso, los valores de este estudio claramente manifiestan diferencias en las condiciones de llenado de grano que determinaron un valor de Peso de 1000 semillas 20% superior para la Rizar bajo riego de La Favorita que para la Rizar de secano de La Esperanza. Muy probablemente las condiciones de riego en La Favorita determinaron mejores condiciones para el llenado de la semilla, lo que permitió que se expresara esta diferencia. Otro parámetro de calidad evaluado fue poder germinativo (%), no existiendo mayores diferencias en relación a lo que se puede ver en el trabajo de Formoso (2010) en el cual se citan las normas de calidad de INASE (2019) y definen como un mínimo

de germinación de 75% independientemente de la categoría de semilla. En este caso, ambos ensayos presentan muy buenos valores de germinación, 94 % para el caso de festuca de secano (Cuadro N°5) y 91 % para el caso bajo riego de La Favorita (Cuadro N°5). También se encuentran por encima de los porcentajes que surgen del trabajo de Castaño (1995) los cuales estuvieron entre 80 y 85 %.

La producción de MS total a cosecha en la festuca bajo riego fue en promedio de 18.770 kg MS/ha (Cuadro N°7), mientras que en el ensayo de secano de La Esperanza la producción promedio fue de 10.796 kg MS/ha (Cuadro N°7). Si comparamos estos valores con resultados de Formoso (2010), se puede observar que en esos trabajos se obtuvieron en dos ensayos valores acumulados de MS total a cosecha inferiores a 3 toneladas, y en un trabajo con variados niveles de fertilización nitrogenada, un valor máximo de 6.710 kg/ha. Esto podría estar afirmando lo indicado anteriormente respecto al cambio tecnológico dado en los años recientes, que se manifiesta en un mayor potencial de rendimiento debido a un manejo más intensivo de los semilleros. No existen muchas referencias internacionales respecto a este parámetro, pero Chastain et al. (2014) obtuvieron valores entre 10.959 y 20.626 kg/ha de MS acumulada entre el momento del cierre y la cosecha para los tratamientos con fertilización nitrogenada en primavera. Estos valores son muy similares a los encontrados en el presente estudio, indicando que a pesar de las diferencias ambientales, los manejos establecidos en los semilleros estudiados lograron un desarrollo adecuado en comparación a ambientes de mayor potencial.

En base a los resultados de rendimiento de semilla y del forraje total existente al momento de cosecha se obtiene el Índice de Cosecha (IC en %). Los valores promedio para el ensayo de festuca bajo riego y de secano fueron de 4.76% y 7.03% respectivamente, si se utiliza el rendimiento de semilla de chacra, y de 6.12% y 6.96% si se utiliza el rendimiento potencial. Es normal que las especies forrajeras presentan valores de IC bajos si se los compara con cereales u oleaginosas de grano. De todas formas, estos valores son bajos si los

comparamos con valores obtenidos por Chastain et al. (2014) donde si bien se registran IC de 4.3, también llegaron a obtener valores de 19.8 con rendimientos de semilla cercanos a los 1.000 kg/ha. En los estudios nacionales de Formoso (2010), el máximo IC reportado fueron dos casos de 12.2, en tratamientos con rendimientos de semilla de 462 y 559 kg/ha.

Cuadro No 11: Resultados de Rendimiento de semilla y Peso de 1000 de los ensayos de Festuca arundinacea (cv. Rizar) a nivel de Potencial y Rendimiento en chacra.

Tratamientos	Festuca Rizar (secano)		Festuca Rizar (con riego)	
	La Esperanza		La Favorita	
	Potencial	Rend. Chacra	Potencial	Rend. Chacra
Kg/ha Limpios	751	759	1148	895
P1000	2,16	1,96	2,54	2,35

Para el caso de la altura de las plantas en la festuca con riego no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, en cambio, en la festuca en secano sí existió diferencia de menor altura entre los tratamientos con Moddus y el testigo, y del tratamiento de Moddus 800 cc respecto a los otros dos con regulador. Estos últimos resultados son los esperados en base a la bibliografía respecto a la acción principal de Moddus.

Teniendo en cuenta los resultados de ambos ensayos de festuca, se pueden analizar los resultados de cada uno de ellos en paralelo, pero sin hacer comparaciones debido a que se desarrollaron bajo condiciones diferentes y el estudio no previó en su diseño esa comparación de antemano. En el Cuadro N° 11 se presentan los resultados de rendimiento de semilla y algunos de los componentes de rendimiento en ambas situaciones. Allí se puede destacar que en ambos ensayos se tuvieron muy buenos resultados de producción de semillas a

pesar de que uno estaba en condiciones bajo riego (LF) y otro en seco (LE). A su vez, los resultados en el ensayo bajo seco (LE) se obtuvo el mismo valor de producción en el rendimiento de chacra que el potencial estimado (751 kg/ha limpios). Por otra parte, se puede ver una gran diferencia entre los pesos de mil semillas logrados en cada ensayo. Al tratarse del mismo cultivar, se puede entender que se dieron diferentes condiciones en una y otra situación, siendo una hipótesis plausible el estrés hídrico que pudo experimentar el ensayo de LE por realizarse en seco. A su vez, las condiciones de riego en LF pudieron haber determinado la ausencia de stress hídrico en el momento de llenado de grano, y posiblemente también un mayor tiempo de este proceso, debido a la permanencia de la planta verde por más periodo de tiempo. Si se analiza cada resultado por separado, pero teniendo en cuenta los valores obtenidos en uno y otro caso, ya que se trata del mismo cultivar y de semilleros nuevos (2 y 3 años de instalados), se podría considerar que en la festuca con riego (LF) no se logró aprovechar totalmente en rendimiento de semilla las buenas condiciones de crecimiento que fueron dadas. Las principales causas de esto podrían ser seguramente, el relativo bajo número de tallos fértiles como se puede ver en el Cuadro N°12, y las altas pérdidas de semilla durante el proceso de cosecha como se puede ver en el Cuadro N°13.

En el Cuadro N°12 se presentan algunos componentes del potencial de rendimiento, los cuales sumados al Peso de 1000 semillas (Cuadro N° 11), permiten calcular el número de semillas/m² y el número de semillas por panoja. Allí se puede observar en el ensayo bajo riego (LF) el relativamente bajo número de inflorescencias/m² y esto podría deberse a que hubo un excesivo crecimiento vegetativo, indicado en el valor de MS total acumulado a cosecha, lo cual pudo haber favorecido una mayor competencia entre macollos vegetativos y potenciales macollo reproductivos y así reducir la cantidad de tallos fértiles o panojas, ó al manejo del semillero en otoño, ya sea por un inadecuado acondicionamiento del

forraje o bajos niveles de fertilización, acciones que promueven la formación de macollos estratégicos en esa época. A su vez, como se puede ver en el Cuadro N°12, a pesar de tener una menor cantidad de tallos o inflorescencias/m², hay un mayor número de semillas/m², debido a un mayor tamaño de las panojas, a una mayor fertilidad de flores o a una combinación de ambas. Lo anterior explica el alto potencial de rendimiento de semillas medido en este ensayo. Por último, el mayor número de tallos o inflorescencias/m² registrado en La Esperanza, logrado por el correcto acondicionamiento del forraje y/o la adecuada fertilización nitrogenada del otoño, indicaría que su potencial de producción podría haber sido mayor si hubiera existido una mayor fertilidad de flores, las panojas hubieran sido más grandes y/o el peso de las semillas mayor.

Cuadro No 12 : Análisis de los ensayos de Festuca arundinacea (cv. Rizar) destacando los parámetros utilizados para calcular el potencial de producción.

Tratamientos	Festuca Rizar (secano)	Festuca Rizar (con riego)
	La Esperanza	La Favorita
	Potencial	Potencial
Tallos/m ²	669	435
kg/ha limpios	751	1148
N° semillas/m ²	34737	45287
N° semillas/inflorescencia	48	104

En el ensayo de festuca bajo riego se observaron valores altos de pérdida durante la cosecha como se puede ver en el Cuadro N°13. Por otro lado, hay que destacar el excelente proceso de cosecha realizado en el ensayo de secano, el cual se ve reflejado en el valor (73 kg/ha) promedio de las pérdidas dentro del proceso de cosecha. Cabe destacar que el semillero de Festuca con riego tuvo un periodo de 15 días entre el corte e hilerado (16/11) y la cosecha (30/11), mientras que en el semillero de festuca en secano ese periodo fue solamente de 5 días (Corte 12/11 y cosecha 17/11). Este pudo ser un factor influyente en la eficiencia de cosecha el cual se puede ver en los resultados de pérdida como se mencionó anteriormente.

Cuadro No 13 : Pérdidas totales en el proceso de cosecha de los ensayos de Festuca arundinacea (cv. Rizar).

Tratamientos	Festuca Rizar (secano)	Festuca Rizar (con riego)
	La Esperanza	La Favorita
	PC	PC
Testigo	58	292
Moddus 400cc (Z32)	78	379
Moddus 800cc (Z32)	83	289
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	74	369
Promedio	73,3	332,3

Por último, se plantea un escenario en el que se combinan los mejores valores de los componentes de rendimiento de uno y otro ensayo. Si bien el ejercicio es teórico, no deja de tener valor ya que como se indicó anteriormente, se trata del mismo cultivar, de semilleros relativamente nuevos, donde no es dable esperar pérdidas de plantas y manejados por productores con un nivel tecnológico alto. La combinación se hizo utilizando el número de panojas del ensayo de la festuca de secano (669 Infl/m²), el número de semilla por panoja (104) y el peso de mil semillas (2.54 gr) de la festuca bajo riego. Este semillero hipotético, generaría 69.576 semillas/m² y un rendimiento de semilla de 1.635 kg/ha. Utilizando el valor mínimo de pérdida a la cosecha registrado en estos ensayos (8.8%), sería un semillero con un potencial en el entorno de los 1.500 kg/ha. Es conocido que los componentes de rendimiento no tienen un comportamiento aditivo, sino que normalmente existen compensaciones entre ellos, pero nunca esas compensaciones se anulan totalmente, por lo que sería más correcto indicar que el potencial del cultivar de festuca Rizar, en semilleros de las características descritas y con el manejo de cultivo dado, incluido el riego, podría tener un potencial para las condiciones climáticas del año 2020 de 1148 a 1.500 kg/ha de semilla.

No encontrar efecto de los tratamientos de TE en el rendimiento de las festucas estudiadas era algo probable en base a estudios anteriores a nivel nacional no publicados, experiencias de campo de productores y técnicos y a bibliografía a la que se hizo referencia anteriormente. También, no es de descartar que a nivel de las parcelas se diera un error experimental muy importante, que el número de repeticiones utilizado no fuera suficiente para minimizar la variabilidad de las chacras o que el ambiente limitante en el caso de la festuca de secano no hubiera permitido expresar vuelco en el testigo, algo que si se observó en las condiciones bajo riego, pero donde se dio un menor potencial del posible y con importantes pérdidas de semilla en la cosecha, elementos que pueden haber afectado la calidad de los resultados. A nivel de la evaluación de potencial, en ambos casos los tratamientos de TE 400cc, superaron al Testigo por 16%, algo que el análisis estadístico no detectó como diferente. En este caso, la obtención de sub-muestras utilizadas para evaluar potencial de mayor tamaño o mayor número de las mismas, podría permitir ajustar mejor en un futuro estos estudios.

5.2 ENSAYO EN LOLIUM MULTIFLORUM CV. INIA ESCORPIO

El uso de reguladores de crecimiento en raigrás perennes, fue estudiado por Chastain et al. (2014), quienes evaluaron el efecto de TE y no encontraron efecto sobre ningún componente de rendimiento de la semilla (espigas/m², espiguilla/espiga, inflorescencias/espiguilla, peso de semilla), pero si una mejora en el número de semillas/m², indicando un mejor cuajado de flores. En el Cuadro N° 14 se presentan resultados similares del presente trabajo, donde como se mencionó anteriormente no hubo efecto de los tratamientos de TE en las inflorescencias/m², pero si se puede observar que el tratamiento de 800cc tiene un alto número de semillas/m² y de semillas/espiga, diferencias que no se analizaron estadísticamente.

La ausencia de diferencias significativas en la mayoría de los parámetros evaluados puede deberse al bajo número de repeticiones utilizado, que en el caso de este ensayo fue de dos para los tratamientos y tres para el testigo.

En los trabajos de Trethewey et al. (2016) y Rolston et al. (2010) obtuvieron una reducción del inicio del vuelco con el uso de reguladores de crecimiento. Al igual que en la festuca Rizar de secano, en el ensayo de raigrás se observó diferencias significativas en altura, con una reducción significativa para el tratamiento de Moddus 800 cc respecto al testigo. Como se mencionó anteriormente para el caso de festuca, no se observó vuelco marcado en los ensayos por lo que no se evaluó el mismo. De todas formas existen referencias de que una reducción de altura puede permitir una distribución diferencial de nutrientes en la planta y así permitir mejorar el cuajado de flores.

Para el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo con el cv INIA Escorpio, se tomó como referencia principal un trabajo de tesis realizado con el cv. INIA Titán. La gran mayoría de los trabajos de Uruguay en producción de semilla en raigrás han sido realizados con el cultivar Estanzuela 284, que al ser un cultivar westerwoldicum, diploide y de ciclo corto, no es para nada comparable a INIA Escorpio. INIA Titán al igual que el material utilizado en el presente ensayo de dosis y momento de TE, es un raigrás tetraploide de tipo multiflorum de ciclo largo. A su vez, INIA Escorpio fue obtenido en La Estanzuela por selección sobre INIA Titán y otros materiales europeos con énfasis en rendimiento de forraje y sanidad (INIA, 2017).

Respecto a los componentes de rendimiento, el número de inflorescencias/m², en el caso del Escorpio de La Rinconada fue en promedio de 588 inflorescencia/m² (Cuadro N° 1), un valor similar al registrado por Ferrando y Sorrondegui (1998), en el cual el promedio fue de 529 inflorescencias/m². A su vez, un trabajo realizado por Castaño (1995) sobre producción de semilla de gramíneas forrajeras en el sudeste bonaerense (Argentina) utilizando un material de raigrás perenne cv El Charito INTA, también obtuvo un valor similar a los registros anteriores (500 inflorescencias/m²). En un trabajo de Threthewey et al. (2016) en Nueva Zelanda, se indica un número de inflorescencias/m² logradas superior a las 1000, reflejando claramente condiciones ambientales, de genética y/o culturales

para esta característica del potencial de rendimiento de semillas, totalmente diferentes a las de nuestra región.

El rendimiento de chacra de semilla limpia (kg/ha) promedio que se obtuvo en el ensayo de LR (cuadro N° 4) fue de 1573 kg/ha, el cual es un excelente valor de rendimiento para este tipo de cultivares. En la tesis de Ferrando y Sorrondegui (1998) el valor promedio fue de 1318 kg/ha pero es importante tener en cuenta que en el ensayo en Escorpio el resultado surge de una parcela de mayor tamaño y con el uso de maquinaria comercial, en cambio en el trabajo sobre Titán estos resultados surgen de parcelas experimentales donde se posee más control sobre el nivel de pérdidas. El potencial de rendimiento de semilla (kg/ha) en el ensayo en INIA Escorpio (Cuadro N° 2) fue en promedio de 2176 kg/ha, valor que si se puede referir al trabajo de Ferrando y Sorrondegui (1998), quienes obtuvieron un potencial promedio de 1689 kg/ha. Lo anterior, refleja un muy buen rendimiento potencial y concretado en el ensayo realizado en La Rinconada sobre INIA Escorpio. El estudio anteriormente referido de Threthewey et al. (2016) en Nueva Zelanda, sobre cultivares de raigrás italiano tetraploides obtuvo valores de rendimiento de semilla de 1490 y 1430 kg/ha sin el uso de regulador de crecimiento (TE) y de 2160 y 2098 kg/ha con el uso de TE, valores no muy diferentes a los obtenidos en el ensayo de LR a nivel de chacra y de potencial de rendimiento.

Las pérdidas en el proceso de cosecha en el ensayo de La Rinconada fueron en promedio de 424 kg/ha como se puede ver en el Cuadro N° 6. Este dato corresponde al 27 % del rendimiento limpio promedio en kg/ha que se obtuvo en los ensayos de rendimiento de chacra (1568 kg/ha). Castaño (1995) afirma que se puede llegar a tener un 50% de pérdidas en el periodo de cosecha realizando un mal manejo. Si bien en este caso, el % de pérdidas se encuentra por debajo de esta referencia, el valor en sí es alto y refleja inconvenientes que se tuvieron en la etapa de cosecha por lluvias sucesivas que impidieron concretar los trabajos de trilla.

El peso de mil semillas es un componente de rendimiento, y también un parámetro de calidad de la semilla lograda, el valor a nivel de chacra para Escorpio fue 3,23 g en promedio (Cuadro N° 6) y a nivel de potencial de 3.41 g (Cuadro N° 3). En las condiciones de Uruguay, el peso de 1000 semillas de los cultivares tetraploides se encuentra normalmente por encima de 3,0 g. En el trabajo de Ferrando y Sorrondegui (1998), el promedio fue de 3,40 g para INIA Titán. Los valores registrados en ambos ensayos se puede considerar valores normales a altos para este tipo de cultivares en las condiciones ambientales de Uruguay. El poder germinativo (PG) promedio de INIA Escorpio en las muestras de potencial fue de 98%, en cambio a nivel de las muestras de chacra el valor promedio de PG fue de 89%, si bien ambos cumplen con los mínimos establecidos en los estándares específicos de producción de raigrás (INASE, 2021) que es 80 % para cualquier tipo de categoría de semilla, la diferencia entre una y otra muestra podría estar debida a las condiciones ambientales que tuvo que enfrentar la muestra de chacra durante el periodo de corte e hilerado y la cosecha, y que como se indicó anteriormente pudo haber influido en las altas pérdidas de semilla y también en un menor PG de la semilla.

Con respecto a la producción de MS a cosecha en el ensayo de INIA Escorpio de La Rinconada, expresado como kg MS/ha, el promedio de todos los tratamientos fue 11.845 kg MS/ha (Cuadro N° 7). Este valor es comparable al registrado en el trabajo de Threthewey et al. (2016) en Nueva Zelanda, donde los valores estuvieron entre 12 y 13 ton MS/ha. El Índice de cosecha promedio de INIA Escorpio en el ensayo fue de 13,2, si se calcula en relación al rendimiento de la parcela, o de 18,4 si se calcula en base al potencial de rendimiento. Ambos valores pueden ser considerados buenos para esta especie y significa que la planta hizo una adecuada partición de asimilatos entre el desarrollo vegetativo y el reproductivo.

Cuadro No 14 : Rendimiento de semilla y espigas (Tallos/m²) de INIA Escorpio y Número de semillas por m² y por inflorescencia

Tratamientos	Raigras INIA Escorpio				
	La Rinconada				
	Tallos/m ²	kg/ha sucios	Kg/ha limpios	N° semillas/m ²	N° semillas/inflorescencia
Testigo	604	2525	2165	62113	103
Moddus 400cc (Z32)	552	2121	1854	54729	99
Moddus 800cc (Z32)	557	2678	2366	68240	122
Moddus 400cc (Z32) + 400cc (Z51)	639	2622	2319	67947	106
Promedio	588	2487	2176	63257	108

6. CONCLUSIONES

Los ensayos realizados no permitieron detectar efectos de los tratamientos aplicados del regulador de crecimiento TE sobre la producción de semilla en la festuca Rizar y el raigrás INIA Escorpio. Si se pudo detectar una reducción de la altura de las plantas para la festuca de secano y para el raigrás con riego.

Los resultados obtenidos indican un excelente potencial de rendimiento de los semilleros estudiados, en su comparación a previos estudios similares a nivel de Uruguay y en algunos casos, en relación con regiones con mejores condiciones ambientales para la producción de semillas de estas especies. Analizando los resultados de las festucas, se puede concluir que el manejo que promueva un mayor número de inflorescencias, sumado a evitar el stress hídrico que pueda afectar el cuajado de las semillas, así como su crecimiento, es el camino para lograr rendimientos superiores. Cuando se logre esta combinación de factores, será adecuado estudiar nuevamente el efecto del regulador de crecimiento TE para dar un paso más en crecimiento de potencial.

En el raigrás anual italiano INIA Escorpio, quien logró un rendimiento destacado, con muy buena acumulación de forraje a cosecha y adecuado Índice de Cosecha, se podría explorar manejos que promuevan un mayor número de inflorescencias, valor que es claramente más bajo a lo que sucede en otras regiones productivas.

Las pérdidas de cosecha fueron importantes en dos de los tres estudios, este elemento es clave en todo proceso de mejora de la productividad. Las pérdidas en la gavilla fueron de las mayores, por lo que ajustes en la fecha de cosecha con la posibilidad de adelantarla si se dispone de capacidad de secado parece ser un camino importante a recorrer.

7. RESUMEN

La Festuca (*Festuca arundinaceae*) y el Raigrás anual (*Lolium multiflorum*), son cultivos forrajeros de muy buena productividad, utilizados en Uruguay principalmente bajo pastoreo por la actividad pecuaria: carne, leche y lana. La producción de semillas de estas especies tiene una gran importancia en el desarrollo de la principal actividad agropecuaria a nivel del país. Por lo que, la demanda de semilla forrajera en Uruguay va a depender principalmente de la demanda de forraje por parte de los sistemas pecuarios más intensivos, siendo festuca y raigrás de las especies más utilizadas.

Una de las limitantes de la producción de semilla es que históricamente los rendimientos promedio que se obtienen son bajos en relación al potencial de las especies. Esto se podría atribuir, entre otros factores, a que bajo ciertas condiciones de crecimiento la planta se vuelca por su propio peso. Existen cambios en el manejo de los cultivos que incluyen estrategias para mejorar la eficiencia de producción y disminuir la brecha entre el rendimiento potencial y el obtenido a campo. Dentro de estos cambios en el manejo se encuentra el uso de nuevas tecnologías como es el caso de los reguladores de crecimiento.

El trabajo fue realizado a campo en distintos semilleros comerciales de productores y las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de Semilla de INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) pertenecientes a la estación experimental La Estanzuela ubicada en del departamento de Colonia, específicamente por la ruta 50, en el km 11. Se realizaron tres ensayos, dos de *Festuca arundinacea* cv. Rizar, uno con riego y otro sin riego, y uno de *Lolium multiflorum* cv. INIA Escorpio con riego. En todos los casos se realizaron cuatro tratamientos en base al regulador de crecimiento Moddus: testigo (sin aplicación), 400cc, 400cc + 400cc y 800cc. Se realizaron tres repeticiones para el caso de las *Festuca arundinacea* y dos para el *Lolium multiflorum* (operativa del pivot).

El objetivo fue evaluar el efecto de la dosis y el momento de aplicación del regulador de crecimiento Moddus en semilleros de festuca y raigrás anual, en el rendimiento de semilla, los componentes de rendimiento, la calidad de la semilla y las pérdidas de semilla en el proceso de cosecha.

Los resultados obtenidos indican un excelente potencial de rendimiento de los semilleros estudiados, en su comparación a previos estudios similares a nivel de Uruguay y en algunos casos, en comparación con regiones con mejores condiciones ambientales para la producción de semillas de estas especies. Se obtuvo un efecto del uso del regulador de crecimiento sobre la altura de las plantas para dos de los tres ensayos evaluados. A pesar de esto, los ensayos realizados no permitieron detectar efectos de los tratamientos aplicados del regulador de crecimiento TE sobre la producción de semilla en la festuca Rizar y el raigrás INIA Escorpio.

Palabras clave: *Festuca arundinacea*; *Lolium multiflorum*; rendimiento; componentes de rendimiento; regulador de crecimiento (PGR); dosis; moddus; índice de cosecha

8. SUMMARY

Fescue (*Festuca arundinaceae*) and annual Ryegrass (*Lolium multiflorum*) are forage crops with very good productivity, used in Uruguay mainly under grazing for livestock: meat, milk and wool. The seed production of these species is relevant in the development of the main agricultural activity in the country. Therefore, the demand for forage seed in Uruguay will depend mainly on the demand for forage by the most intensive livestock systems, with fescue and ryegrass being the most widely used species.

It is considerate that the seed production historically average yields obtained are low in relation to the potential of these species. This could be attributed, among other factors, to the fact that under certain growth conditions the plant lodge under its own weight. There are changes in crop management that include strategies to improve production efficiency and reduce the gap between potential yield and yield obtained in the field. Within these changes in management is the use of new technologies such as growth regulators.

The work was carried out in the field in different commercial crops of producers and the samples were analyzed in the Seed Analysis Laboratory of INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) belonging to the experimental station La Estanzuela located in the department of Colonia, Uruguay. Three trials were carried out, two on *Festuca Arundinacea* cv. Rizar, one with irrigation and one without irrigation, and one on *Lolium Multiflorum* cv. INIA Escorpio with irrigation. In all cases, four treatments were carried out based on the Moddus growth regulator: control (without application), 400cc, 400cc + 400cc and 800cc. Three repetitions were made for the case of *Festuca Arundinacea* and two for *Lolium Multiflorum* (pivot operation).

The objective was to evaluate the effect of the use of Moddus in fescue and annual ryegrass seed fields, dose and time, on seed yield, yield components, seed quality and seed losses in the harvest process.

The results obtained indicate an excellent yield potential of the crops studied, in comparison with previous studies in Uruguay and in some cases, in comparison with regions with better environmental conditions for the production of seeds of these species. An effect of the use of the growth regulator on the reduction of the height plants was obtained for two of the three trials evaluated.

Despite this, the tests carried out did not allow the detection of effects of the applied treatments of the TE growth regulator on seed production in the Rizar fescue and the INIA Escorpio ryegrass.

Keywords: Festuca Arundinacea; Lolium Multiflorum; performance; performance components; growth regulator (PGR); dose; moddus; harvest index

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Amiri-Khah, R.; Eetemadi, N.; Nikbakht, A.; Pessarakli, M. 2015. Effects of Sequential Trinexapac-Ethyl applications and traffic on growth of Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.). Horticultural Science and Technology. 33(3): 340 - 348.
2. ANDE (Agencia Nacional de Desarrollo, UY). 2018. Caracterización y dimensionamiento del sector semillerista en Uruguay. (en línea). Montevideo. 58 p. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://www.anaprose.com.uy/wp-content/uploads/2019/11/Semillas-estimacio%CC%81n-mercado.pdf>
3. Borm, G. E. L.; Van den Berg, W. 2008. Effects of the application rate and time of the growth regulator trinexapac-ethyl in seed crops of *Lolium perenne* L. in relation to spring nitrogen rate. (en línea). Field Crops Research. 105(3): 182 - 192. Consultado jun. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.10.001>
4. Brown, K. R.; Rolston, M. P.; Hare, M. D.; Archie, W. J. 1988. Time of closing for "Grasslands Roa" tall fescue seed crops. New Zealand Journal of Agricultural Research. 31(4): 383 - 388.
5. Carámbula, M. 1981. Producción de semillas de plantas forrajeras. Montevideo, Hemisferio Sur. 518 p.
6. _____. 2002. Pasturas y forrajeras: potenciales y alternativas para producir forrajes. Montevideo, Hemisferio Sur. 357 p.
7. Castaño, J. 1995. Producción de semilla de gramíneas forrajeras en el sudeste bonaerense. Buenos Aires, INTA. 75 p.

8. Chastain, T. G.; Young III, W. C.; Garbacik, C. J.; Silberstein, T. B. 2002. Row spacing and grass seed yield in the Willamette Valley. *In*: Young III, W. C. ed. Seed production research at Oregon State University: USDA-ARS Cooperating. Oregon, Oregon State University. pp. 56 - 59.
9. _____; Garbacik, C. J.; Young III, W. C. 2014. Spring-applied nitrogen and trinexapac-ethyl effects on seed yield in perennial ryegrass and tall fescue. *Agronomy Journal*. 106(2): 628 - 633.
10. _____; Young III, C.; Garbacik, C.; Silberstein, T. 2015. Trinexapac-ethyl rate and application timing effects on seed yield and yield components in tall fescue. (en línea). *Field Crops Research*. 173: 8 - 13. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.12.013>
11. Ferrando, M.; Sorrondegui, D. 1998. Efecto de variables de manejo en la producción de semillas de raigrás INIA titán. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 106 p.
12. Fonseca, R. 2021. Uruguay exporta el 50% de la producción de semillas de raigrás y avena negra. (en línea). Montevideo, *Revista Verde*. s.p. Consultado may. 2021. Disponible en <https://revistaverde.com.uy/agricultura/el-50-de-la-semilla-de-raigras-y-avena-negra-que-se-produce-en-uruguay-se-exporta/>
13. Formoso, F. 2010. Festuca arundinacea, manejo para la producción de forraje y semillas. (en línea). Montevideo, INIA. 200 p. (Serie técnica no. 182). Consultado abr. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429081210150440.pdf>

14. García, J. A.; Rebuffo, M.; Formoso, F.; Astor, D. 1991. Producción de semillas forrajeras: tecnologías en uso. (en línea). Montevideo, INIA. 40 p. (Serie técnica no. 2). Consultado may. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2922/1/111219220807115635.pdf>
15. Gingrich, G.; Mellbye, M. 1999. The effect of plant growth regulator applications on yields of grass seed crops. (en línea). In: Young III, W. C. ed. Seed Production Research at Oregon State University: USDA-ARS Cooperating. Oregon, Oregon State University. pp. 46 - 48. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/8g84mm67t>
16. Gorriti, P.; Pérez del Castillo, M. 1998. Respuesta a fuentes, niveles y localización del nitrógeno en la producción y calidad de semilla de Festuca arundinacea scherb. CV Tacuabé. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 199 p.
17. Hebblethwaite, P. D. 1983. Producción moderna de semilla. Montevideo, Hemisferio Sur. 405 p.
18. Hill, M. J. 1971. Closing ryegrass crops for seed production. New Zealand Journal of Agriculture. 123(2): 43.
19. Hudgins, T. M. 2019. Plant growth regulator combination effects on turf-type and forage-type tall fescue [Schedonorus arundinaceus (Schreb.) Dumort.] seed crops. Master Thesis. Oregon, United States. Oregon State University. 92 p.
20. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 2019. Festuca: estándar específico. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://www.inase.uy/Files/Docs/507596A55C68FB84.pdf>

21. _____. 2021. Raigrás: estándar específico. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://www.inase.uy/Files/Docs/4866BADDDA992D32.pdf>
22. _____. 2022. Declaración de movimientos de semilla. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jun. 2022. Disponible en: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaMDZkNmI0ZDYtN2U4Ny00YWUwLWJiZWMtMzdiMmFiMThkMjcwliwidCI6IjM1NWY2Yzg4LTQ1ODUtNDdjZC1hNTlmLTdhOGFiNzcyMTk1NCJ9&pageName=ReportSection>
23. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2017. Catálogo de cultivares INIA de especies forrajeras. (en línea). Colonia. s.p. Consultado abr. 2021. Disponible en <https://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php?id=81>
24. Inumet (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). s.f.a. Climatología de la primavera (set-oct-nov) en Uruguay 1981-2010. (en línea). Montevideo. 16 p. Consultado nov. 2021. Disponible en https://www.inumet.gub.uy/sites/default/files/2020-09/CLIMATOLOGIA%20DEL%20PRIMAVERA_LQ.pdf
25. _____. s.f.b. Climatología del invierno (jun-jul-ago) en Uruguay 1981-2010. (en línea). Montevideo. 19 p. Consultado nov. 2021. Disponible en https://www.inumet.gub.uy/sites/default/files/2020-09/CLIMATOLOGIA%20DEL%20INVIERNO_LQ.pdf
26. ISTA (International Seed Testing Association, UK). 2021. International Rules for Seed Testing. Basserdorf. 22 p.
27. Latimer, J.; Whipker, B. 2013. Selecting and using plant growth regulators on floricultural crops. Virginia, Virginia Cooperative Extension. 32 p.

28. Maranges, F. 2019. Estudio de la competitividad del subsistema de agronegocios de semilla forrajera en Uruguay con énfasis en festuca y raigrás. Tesis Mag. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 103 p.
29. _____.; Do Canto, J.; Gutiérrez, F.; Reyno, R.; Rossi, C.; Lattanzzi, F.; Díaz, J.; Stewart, A. 2019. Festuca "Rizar": una nueva opción rizomatosa de alta productividad, persistencia y productividad. (en línea). Revista INIA. no. 56: 40 - 42. Consultado oct. 2022. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Revista-INIA-56.pdf>
30. Marassi, M. 2011. Inhibidores y retardantes del crecimiento vegetal. (en línea). Corrientes, Universidad del Nordeste. s.p. Consultado abr. 2021. Disponible en <http://www.biologia.edu.ar/plantas/inhibidores.htm>
31. Mari, S.; Foley, J.; Trejo, J.; Kelly, M.; Rossi, C. 2017. Advances in Tall Fescue seed production in Uruguay. In: International Herbage Seed Group IHSG Conference (9th., 2017, Pergamino). Proceedings. Pergamino, INTA. p. 21.
32. Mellbye, M.; Gingrich, G.; Silberstein, T.; Young III, W. 2006. Effect of plant growth regulators on seed yields of annual ryegrass. (en línea). In: Young III, W. C. ed. Seed production research at Oregon State University: USDA-ARS Cooperating. Oregon, Oregon State University. pp. 11 - 12. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://cropandsoil.oregonstate.edu/sites/agscid7/files/crop-soil/complete.pdf>

33. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2021. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 270 p.
34. Ortega, F.; Romero, O. 1992a. Ficha forrajera para la IX región de la araucanía: *Festuca arundinacea* Schreb. (*Festuca*). (en línea). Ipa carillanca. 11(4): s.p. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/37790>
35. _____.; _____. 1992b. Ficha forrajera para la IX región de la araucanía: *Lolium perenne* L. (ballica perenne o inglesa) *Lolium multiflorum* Lam. (ballica anual o italiana). (en línea). Ipa carillanca 11(3): s.p. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/26888>
36. Orthel, K.; Chastain, T.; Garbacik, C.; Young III, W. 2004. Spring Irrigation management of tall fescue seeds crops in the Willamette Valley. (en línea). In: Young III, W. C. ed. Seed Production Research at Oregon State University: USDA-ARS Cooperating. Oregon, Oregon State University. pp. 3 - 6. Consultado jun. 2022 Disponible en https://cropandsoil.oregonstate.edu/sites/agscid7/files/crop-soil/complete_1.pdf
37. PGG Wrightson Seeds, UY. 2020. INIA Escorpio: raigrás anual italiano tetraploide. (en línea). Montevideo, INIA. 2 p. Consultado may. 2021. Disponible en <https://www.pgw.com.uy/uploads/seeds/RaigrsanualitalianoINIAEscorpio.pdf>
38. Rademacher, W. 2015. Plant growth regulators: background and uses in plant production. (en línea). Journal of Plant Growth Regulation. 34: 845 - 872. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://doi-org.proxy.timbo.org.uy/10.1007/s00344-015-9541-6>

39. Rolston, P.; McCloy, B.; Pyke, N. 2004. Grass seed yields increased with plant growth regulators and fungicides. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 66: 127 - 132.
40. _____; Young, W. 2009. Seed production. *In*: Fribourg, H. A.; Hannaway, D. B.; West, C. P. eds. *Tall fescue for the Twenty-first century*. Madison, American Society of Agronomy. pp. 407 - 426. (Agronomy Monograph no. 53).
41. _____; Chynoweth, R. J. 2010. Harvest loss in ryegrass seed crops. *In*: *International Herbage Seed Conference (7th, 2010, Texas)*. Proceedings. Texas, International Herbal Seed Group. pp. 64 - 68.
42. _____; Trethewey, J.; Chynoweth, R.; McCloy, B. 2010. Trinexapac-ethyl delays lodging and increases seed yield in perennial ryegrass seed crops. (en línea). *New Zealand Journal of Agricultural Research* 53(4): 403 - 406. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1080/00288233.2010.512625>
43. Rossi, C. 2017. Manual de producción de semilla de Raigrás anual. (en línea). Montevideo, INIA. 25 p. (Boletín de divulgación no. 112). Consultado jun. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6522/1/bd-112.pdf>
44. Silberstein, T. B.; Young III, W. C.; Chastain, T.; Garbacik, C. 1999. Response of cool season grasses to foliar applications of Palisade (Trinexapac-ethyl) plant growth regulator. (en línea). *In*: Young III, W. C. ed. *Seed production research at Oregon State University: USDA-ARS Cooperating*. Oregon, Oregon State University. pp. 35 - 39. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/8g84mm67t>

45. Stewart, A.; Kerr, G.; Lissaman, W.; Rowarth, J. 2014. Pasture and forage plants for New Zealand. 4th. ed. Dunedin, New Zealand Grassland Association. 139 p. (Grassland research and practice series no. 8).
46. Svečnjak, Z.; Jareš, D.; Milanović -Litre, A.; Pacanoski, Z.; Uher, D.; Dujmović Purgar, D. 2022. Management systems for biannual seed crop of Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) grown at various nitrogen fertilization: I. first-production year characterized by limited crop lodging and high seed shattering before direct combine-harvesting. (en línea). *Agronomy*. 12(3): 588. Consultado oct. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/agronomy12030588>
47. Syngenta, AR. 2022. Moddus. (en línea). Buenos Aires. s.p. Consultado abr. 2021. Disponible en <https://www.syngenta.com.ar/product/crop-protection/fitorregulador/moddus>
48. Trethewey, J. A. K.; Rolston, M. P.; McCloy, B. L.; Chynoweth, R. J. 2016. The plant growth regulator, trinexapac-ethyl, increases seed yield in annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 59(2): 113 -121.