

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DETERMINACIÓN DEL DESARROLLO FENOLÓGICO DE LA PANOJA,
CURVA DE CAÍDA Y CALIDAD DE SEMILLA EN *PASPALUM. DILATATUM*
CV. CHIRÚ Y *PASPALUM. DILATATUM* SSP FLAVESCENS**

por

Mauro CUÑA COLAZZO

Matías MUGURUZA SERRA

Fernando ROCHA RODRÍGUEZ

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

MONTEVIDEO

URUGUAY

2012

Tesis aprobada por:

Director:
Ing. Agr. (Ph.D.) Pablo Rafael Speranza Gastaldi

.....
Ing. Agr. (M.Sc.) Luis Viega Cáceres

.....
Ing. Agr. (Ph.D.) Lucía Gutiérrez Chacón

Fecha: 23 de mayo de 2012

Autores

.....
Mauro Cuña Colazzo

.....
Matías Muguruza Serra

.....
Fernando Rocha Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A nuestra familia y amigos por su apoyo incondicional. A nuestros profesores por su dedicación.

Especialmente:

Al Ing. Agr. (Ph.D) Pablo Speranza, Ing. Agr. (M.Sc) Luis Viega e Ing. Agr. Carlos Rossi, por guiarnos en la etapa final de nuestra carrera.

Al Ing. Agr. Pablo González y Ing. Agr. (Ph.D). Lucía Gutierrez por su apoyo en el área de estadística.

Al Lic. Bioq. Nicolás Glison por su ayuda en las tareas de laboratorio.

A los Srs. Julio Martínez y Luis Martínez por su ayuda en las tareas de campo.

A ESTERO SA por facilitarnos el uso de sus instalaciones.

A la Lic. Sully Toledo, por sus aportes en la corrección de los aspectos formales de la tesis.

A todo el equipo de biblioteca por su constante disposición.

A la generación 2009 de la EEMAC.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 <u>OBJETIVOS</u>	2
1.1.1 <u>Objetivos generales</u>	2
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 <u>LAS POACEAS</u>	4
2.1.1 <u>Importancia y generalidades</u>	4
2.1.2 <u>Taxonomía de las poaceas</u>	5
2.1.3 <u>Sub-familias de Poaceae utilizadas en Uruguay</u>	5
2.1.3.1 <u>Clado BEP</u>	5
2.1.3.2 <u>Clado PACAAD</u>	6
2.2 <u>GRAMÍNEAS TROPICALES</u>	8
2.2.1 <u>Oportunidad de las gramíneas tropicales en Uruguay</u>	8
2.2.2 <u>Limitantes productivas para el uso de gramíneas tropicales en Uruguay y el mundo</u>	9
2.2.3 <u>Momento y método de cosecha de gramíneas tropicales</u>	10
2.2.3.1 <u>Definición del momento de cosecha</u>	11
2.2.3.2 <u>Métodos de cosecha</u>	12
2.3 <u>PASPALUM DILATATUM</u>	17
2.3.1 <u>Generalidades de la especie</u>	17
2.3.1.1 <u>Ubicación taxonómica</u>	17
2.3.1.2 <u>Características morfológicas y fisiológicas</u>	18
2.3.1.3 <u>Distribución geográfica</u>	18
2.3.1.4 <u>Caracterización de ecotipos</u>	19
2.3.2 <u>Ventajas productivas</u>	20

2.3.3	<u>Limitantes productivas</u>	20
2.3.3.1	Producción de semillas	20
2.3.3.2	Dormición de la semilla	23
2.3.3.3	Mejoramiento genético	24
2.3.4	<u>Producción de semillas</u>	26
2.3.4.1	Instalación de semilleros	26
2.3.4.2	Factores que determinan el rendimiento de semillas	28
2.3.4.3	Métodos de cosecha	31
2.3.4.4	Calidad de semilla	33
2.3.4.5	Manejo post cosecha	34
2.4	<u>SÍNTESIS REVISIÓN</u>	36
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	37
3.1	EXPERIMENTO UNO	38
3.2	EXPERIMENTO DOS.....	42
3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	43
3.3.1	<u>Hipótesis experimento 1</u>	43
3.3.1.1	Hipótesis 1.....	43
3.3.1.2	Hipótesis 2.....	44
3.3.1.3	Hipótesis 3.....	44
3.3.1.4	Hipótesis 4.....	44
3.3.1.5	Hipótesis 5.....	45
3.3.1.6	Hipótesis 6.....	45
3.3.2	<u>Hipótesis experimento 2</u>	46
3.3.2.1	Hipótesis 7.....	46
4.	<u>RESULTADOS</u>	47
4.1	DESARROLLO FENOLÓGICO DE LA PANOJA	47
4.1.1	<u>Emergencia de las espigas</u>	48
4.1.2	<u>Evolución de la floración</u>	49
4.2	VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE COSECHA DE SEMILLA.	51
4.2.1	<u>Comparación del potencial de producción de semilla de las panojas tratamiento y control</u>	51
4.2.2	<u>Comparación de la cantidad de semilla retenida en las panojas tratamiento y control</u>	52
4.2.3	<u>Parámetros de calidad de la semilla retenida en la panoja</u>	53
4.2.3.1	Porcentaje de semilla llena retenida en la panoja	53

4.2.3.2 Germinación y viabilidad de la semilla retenida en la panoja	53
4.3 CHIRÚ SAYAGO	54
4.3.1 <u>Curva de caída de la semilla según acumulación de grados día desde emergencia y fecha calendario</u>	54
4.3.1.1 Porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla llena en distintos momentos de la curva de caída	57
4.3.2 <u>Comparación de los distintos parámetros de calidad de la semilla caída y retenida en el material chirú sayago</u>	57
4.3.2.1 Peso de mil semillas	57
4.3.2.2 Porcentaje de semillas llenas	58
4.3.2.3 Porcentaje de germinación y viabilidad	59
4.4 FLAVESCENS	60
4.4.1 <u>Curva de caída de semilla según acumulación de grados día desde emergencia y fecha calendario</u>	60
4.4.1.1 Porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla llena en distintos momentos de la curva de caída	63
4.4.2 <u>Comparación de los distintos parámetros de calidad de la semilla caída y retenida en el material flavescens</u>	63
4.4.2.1 Peso de mil semillas	63
4.4.2.2 Porcentaje de semillas llenas	64
4.4.2.3 Porcentaje de germinación y viabilidad	65
5. <u>DISCUSION</u>	67
5.1 DESARROLLO FENOLÓGICO DE LA PANOJA	67
5.2 VALIDACION DEL METODO DE COSECHA DE SEMILLA	68
5.2.1 <u>Potencial de producción de semillas tratamiento y control</u>	69
5.2.2 <u>Retención de semillas en panojas tratamiento y control</u>	69
5.2.3 <u>Parámetros de calidad de la semilla retenida en las panojas control y tratamiento</u>	70
5.2.3.1 Porcentaje de semilla llena	70
5.2.3.2 Germinación y viabilidad de la semilla llena	71
5.3 CHIRU SAYAGO	71
5.3.1 <u>Curva de caída de semilla</u>	71
5.3.1.1 Porcentaje de germinación y viabilidad en distintos momentos de la curva de caída de semilla llena.	73
5.3.2 <u>Parámetros de calidad de la semilla llena caída y retenida</u>	73

5.3.2.1	Peso de mil semillas.....	74
5.3.2.2	Porcentaje de semillas llenas.....	74
5.3.2.3	Germinación y viabilidad.....	75
5.4	FLAVESCENS.....	76
5.4.1	<u>Curva de caída de semilla</u>	76
5.4.1.1	Porcentaje de germinación y viabilidad en distintos momentos de la curva caída de semilla llena.....	77
5.4.2	<u>Parámetros de calidad semilla caída y retenida</u>	77
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	78
7.	<u>RESUMEN</u>	80
8.	<u>SUMMARY</u>	81
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	82
10.	<u>ANEXOS</u>	91

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Parámetros de calidad de semilla.....	34
2. Comparación del potencial de producción de semilla entre panojas tratadas y control según material vegetal (Chirú Estero, Chirú Sayago y Flavescens).	51
3. Porcentaje de semillas llenas retenidas según material para panojas tratamiento y control.	53
4. Porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla retenida para panojas tratamiento y control según tanda para el material Chirú Sayago.	53
5. Porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla retenida para panojas tratamiento y control según tanda para el material Flavescens.	54
6. Acumulación de grados día promedio desde emergencia y desde anthesis al pico de caída de semilla según tanda para el material Chirú Sayago.....	56
7. Porcentaje de germinación y viabilidad en el pre-pico, pico y post-pico de caída de semilla llena para el conjunto de las tandas del material Chirú Sayago.	57
8. Peso de mil semillas, caídas y retenidas según tanda para el material Chirú Sayago.	58
9. Comparación entre el porcentaje de semillas llenas caídas y retenidas de panojas embolsadas para el material Chirú Sayago.....	58

10. Comparación del porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla caída respecto a la retenida de panojas embolsadas en el material Chirú Sayago.	59
11. Acumulación de grados día promedio desde emergencia o anthesis al pico de caída de semilla, según tanda para el material Flavescons.....	62
12. Porcentaje de germinación y viabilidad en el pre-pico, pico y post-pico de caída de semilla llena para las distintas tandas del Flavescons.....	63
13. Peso de mil semillas caídas y retenidas según tanda para el material Flavescons.	63
14. Comparación del porcentaje de semillas llenas entre caídas y retenidas de panojas embolsadas según tanda para el material Flavescons	64
15. Comparación del porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla caída respecto a la retenida de panojas embolsadas en el material Flavescons.	65

Figura No.

1. (A) Distribución de la parcela de <i>P. dilatatum</i> cv L.E. Chirú ubicada en Facultad de Agronomía. (B) Distribución de la parcela de <i>P. dilatatum</i> ssp. <i>flavescons</i> ubicada en Facultad de Agronomía. (C) Distribución de la parcela de <i>P. dilatatum</i> cv L.E. Chirú ubicada en Estero S.A.....	37
2. Dispositivo de colecta de semilla caída en plantas de <i>P. dilatatum</i>	39
3. (A) Representación esquemática de una panoja de <i>P. dilatatum</i> , donde se detalla la inserción de la espiga. (B) Representación esquemática de una espiga de <i>P. dilatatum</i> , donde se detallan la disposición de los granos por nudo. Adaptado de (Speranza, 2011).....	40

4. (A) Evolución de la emergencia de las espigas según acumulación de grados día desde emergencia de la panoja, para lo predicho por el modelo y datos observados para la tanda 1 de los materiales Chirú Sayago y Flavescens. (B) Evolución de la emergencia de las espigas según acumulación de grados día desde emergencia de la panoja, para lo predicho por el modelo y datos observados para la tanda 2 de los materiales Chirú Sayago y Flavescens. 48
5. (A) Evolución del número de espigas florecidas según acumulación de grados día desde emergencia de la panoja, para lo predicho por el modelo y datos observados para la tanda 1 de los materiales Chirú Sayago y Flavescens. (B) Evolución del número de espigas florecidas según acumulación de grados día desde emergencia de la panoja, para lo predicho por el modelo y datos observados para la tanda 2 de los materiales Chirú Sayago y Flavescens..... 50
6. (A) Proporción de semilla retenida en las panojas tratamiento y control (calculado como No. de semillas retenidas por panoja/ No. potencial de semillas por panoja) para Flavescens según tanda. (B) Proporción de semilla retenida en las panojas tratamiento y control (calculado como No. de semillas retenidas por panoja/ No. potencial de semillas por panoja) para Chirú Sayago según tanda.52
7. (A) Curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y llenas para la tanda 1 de Chirú Sayago, según grados/día acumulados desde emergencia. (B) Curva de caída de semilla totales (llenas + vacías) y llenas para la tanda 2 de Chirú Sayago, según grados/día acumulados desde emergencia. (C) Curva de caída de semilla totales (llenas + vacías) y llenas para la tanda 3 de Chirú Sayago, según grados/día acumulados desde emergencia. 55
8. Evolución del porcentaje de semillas llenas caídas en función del tiempo (días calendario) para el material Chirú Sayago según tanda. 59
9. (A) Curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y llenas para la tanda 1 de Flavescens, según grados/día acumulados desde

emergencia. (B) Curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y llenas para la tanda 2 de Flavescens, según grados/día acumulados desde emergencia. (C) Curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y llenas para la tanda 3 de Flavescens, según grados/día acumulados desde emergencia..... 61

10. Evolución del porcentaje de semillas llenas caídas en función del tiempo (días calendario) para el material Flavescens según tanda..... 65

1. INTRODUCCIÓN

Diversos actores de la producción pecuaria de nuestro país han reconocido la problemática en la baja producción de forraje estival y poca perennidad de las pasturas cultivadas, debido principalmente a las características de las especies que componen las mezclas, en su mayoría gramíneas de metabolismo C3, ciclo de producción invernal y leguminosas invierno-primaverales (Coll, 1991). Esto trae como consecuencia una marcada estacionalidad en la producción de forraje con máximos en otoño y primavera (Santiñaque y Carámbula, 1980). La deficiente producción estival permite que las especies mejor adaptadas como *Cynodon dactylon* aumenten su producción aprovechando el nitrógeno fijado previamente por las leguminosa (Coll, 1991). De esta forma ocurre un enmalezamiento precoz que disminuye la persistencia de las pasturas aumentando así los costos de producción (Santiñaque y Carámbula, 1980).

Considerando lo anterior es de suma importancia al momento de elaborar la mezcla forrajera incluir especies de ciclo de producción estival, de metabolismo C4 (Johnston 1996, Campbell et al. 1999) y adaptadas a nuestras condiciones ambientales. En este sentido *Paspalum dilatatum* es una de las gramíneas nativas más promisorias como forrajera de ciclo estival, sin embargo su domesticación a nivel nacional no ha sido posible (Rossengurt 1946, Carámbula 2007). Si bien se han seleccionado cultivares de gran potencial de producción de forraje, no se ha podido establecer en Uruguay la producción comercial de semilla (Pizarro, 2000). Por otra parte, su lento crecimiento inicial puede afectar la implantación, siendo otro factor que ha dificultado su adopción (Cornaglia, 2003). Dentro de este marco el cultivar “Estanzuela Chirú” se presenta como una variedad de porte erecto, ciclo largo y muy productiva (CIAAB, 1979), promisorio para aumentar la producción y disminuir el enmalezamiento estival, además de perennizar la mezcla forrajera (Santiñaque, 1979).

Una de las principales limitantes en la producción de semilla de especies de Paníceas en general es la determinación del momento de cosecha, dada principalmente por la desincronización de la floración y el desprendimiento

natural de la semilla. Se conoce para algunas especies de *Paspalum* que la semilla desgrana aproximadamente unas dos semanas después de la antesis, estando definida ésta por el momento en el cual las anteras se hacen visibles (Burson et al., 1978), mientras que si se siguen las prácticas agronómicas usuales la cosecha se haría cuando la semilla llena ya se ha desprendido (Coll, 1991), siendo un problema para esta especie en todos sus biotipos como para la mayor parte de las *Paníceas* (Burson et al., 1978). La calidad de la semilla cosechada varía según factores climáticos, destacándose dentro de estos el nivel de agua en el suelo (Coll, 1991); también es afectada por factores bióticos como trips y *Claviceps*, que constituye uno de los principales problemas durante el procesamiento de la semilla.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos generales

Proporcionar elementos para determinar el momento y método óptimo de cosecha de semilla de calidad comercial para el género *Paspalum* en nuestro país.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Conocer la evolución del desarrollo fenológico de la panoja a partir de su emergencia, para desarrollar una escala fenológica con características fácilmente visualizables.
2. Conocer la distribución de caída de la semilla, determinar la proporción que desgrana y la retenida, comparando la calidad de éstas para un material apomíctico (*P. dilatatum* cv. Estanzuela Chirú) y otro sexual (*P. dilatatum* ssp. *flavescens*).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La bibliografía revisada intenta llegar de lo más general sobre la familia de las *Poaceas* a lo más particular referido al *P. dilatatum*. Lo que permitiría identificar las características, ventajas y limitantes propias de las gramíneas forrajeras en general y específicas de las Paníceas y *P. dilatatum* en particular. Se describen las sub-familias más utilizadas en nuestro país, obteniendo así una primera aproximación a las características en común que tienen las especies forrajeras más utilizadas en los sistemas productivos. En este sentido se identifican algunas especies pertenecientes a las sub familias de las *Chloridoideae* y *Panicoideae*, identificadas en este trabajo como gramíneas tropicales, como potenciales soluciones a la problemática expuesta anteriormente.

Quedando bien definido este grupo se analiza su posible inclusión en nuestros sistemas pastoriles, consultando bibliografía nacional e internacional e identificando oportunidades y limitantes de éstas en nuestras condiciones. Dentro de éstas últimas se destaca la problemática de definir el momento y el método de cosecha más apropiado. Con el objetivo de comprender las soluciones que se han encontrado para este problema en el mundo, y debido a que en nuestro país no hay experiencia al respecto, se describen los parámetros utilizados para definir el momento y los distintos métodos de cosecha de diversas tropicales a nivel mundial.

En un enfoque más acotado referido específicamente a *P. dilatatum* se detallan sus características morfológicas y fisiológicas, distribución geográfica y caracterización de los ecotipos *P. dilatatum* ssp. *dilatatum*, apomíctico del que hay mayor información y *P. dilatatum* ssp. *flavescens*, de reproducción sexual y del que poco se conoce. Considerando lo dicho anteriormente y las características ecológicas y productivas del país se detallan las ventajas y limitantes de esta especie, donde al igual que en la gran mayoría de las tropicales destaca la problemática en la producción de semillas, la latencia que ésta presenta y la dificultad del mejoramiento genético. Por último se describe la tecnología de manejo desarrollada hasta el momento, desde la instalación hasta la cosecha de un semillero y los diferentes factores que definen el rendimiento, así como los distintos manejos post cosecha y los índices de calidad de semilla reportados por diversos autores.

2.1 LAS POACEAS

2.1.1 Importancia y generalidades

Las *Poaceas* se distinguen del resto de las angiospermas por características del fruto, embrión, polen y estructura de sus flores e inflorescencias, constituyen una de las cinco familias más ricas en especies dentro del reino vegetal y es taxonómica y ecológicamente uno de los grupos más importantes en el mundo (GPWG, 2001), se encuentra presente en todas las latitudes y no existen regiones fitogeográficas donde no se las encuentre, lo que es posible por su gran versatilidad morfológica y adaptabilidad (Nicora y Rugolo de Agrasar, 1987). Incluye aproximadamente 10.000 especies distribuidas entre 650 y 793 géneros, cubriendo más de 1/5 de la superficie de la tierra (Nicora y Rugolo de Agrasar 1987, Watson y Dallwitz 1994, GPWG 2001, Barkworth et al. 2007).

Numerosas especies de gramíneas han sido domesticadas y son utilizadas en diversas situaciones, algunas constituyen el componente principal de la dieta de la humanidad: caña de azúcar, maíz, arroz, avena, trigo, cebada y centeno, entre otros (Reinheimer, 2007). Otras como forrajeras, siendo el componente principal de los pastizales que cubren gran superficie de la tierra y utilizadas por el hombre como áreas de pastoreo de alto valor para la ganadería y en menor escala de uso o aplicación industrial, ornamental y medicinal (Nicora y Rugolo de Agrasar, 1987).

Debido a que las gramíneas utilizadas con fines forrajeros son un grupo muy heterogéneo surge la necesidad de obtener ordenamientos cada vez más informativos y que permitan una mejor descripción de la diversidad, en este sentido a continuación se realizará una breve revisión taxonómica que permite identificar grupos con características comunes.

2.1.2 Taxonomía de las Poaceas

La clasificación de las gramíneas ha sufrido numerosas reorganizaciones a lo largo del tiempo, fundamentalmente asociadas a los cambios en las metodologías empleadas para clasificarlas (Reinheimer, 2007). En el año 2001, se presentó una clasificación para la familia de las Poáceas basada en la combinación de 5 genes y datos morfológicos, los resultados presentados por el GPWG tienen un alto soporte y constituye la clasificación filogenética más actual de las gramíneas (GPWG, 2001). Poáceas entonces queda dividida en 12 subfamilias: 11 previamente consideradas por otros autores, *Anomochlooideae*, *Pharoideae*, *Puelioideae* (linajes que primero divergieron), *Bambusoideae*, *Ehrhartoideae*, *Pooideae* (The BEP Clade), *Aristidoideae*, *Arundinoideae*, *Chloridoideae*, *Centothecoideae*, *Panicoideae*, a la que se añade la nueva subfamilia *Danthonioideae* (The PACCAD Clade) (GPWG, 2001).

2.1.3 Sub-familias de las Poáceas utilizadas en Uruguay

2.1.3.1 Clado BEP

De acuerdo con la clasificación anterior la mayor parte de las especies registradas en nuestro país corresponden al clado BEP (*Pooideae* y *Bambusoideae*); mientras que las gramíneas estivales identificadas como forrajeras promisorias como el *P. dilatatum* corresponden al clado PACCAD (*Chloridoideae* y *Panicoideae*). Esta situación evidencia la diferencia existente entre las especies utilizadas comercialmente en el país respecto a aquellas con características interesantes para solucionar la problemática estival de los sistemas productivos nacionales.

Las *Pooideae* se distribuyen en regiones templadas y frías de ambos hemisferios, existen especies propias de las montañas ecuatoriales y otras típicas de los círculos polares (Nicora y Rugolo de Agrasar, 1987). La mayoría de las especies que la componen son de ciclos definidos con desarrollo invernal, vegetan en la estación fría y florecen en la primavera avanzada y principios de verano. Por su parte las *Bambusoideae* comprenden géneros

distribuidos en regiones tropicales y sub tropicales así como templado-frías (Nicora y Rugolo de Agrasar, 1987).

La sub-familia *Pooideae* es la más utilizada en los sistemas productivos del país, entre las especies encontradas en el Registro Nacional de Cultivares se incluyen importantes cereales, como Trigo (*Triticum aestivum*), Cebada (*Hordeum vulgare*), Centeno (*Secale cereale*) y Triticale (*Triticosecale*), también especies de doble propósito como *Avena sativa* y especies forrajeras como *Holcus lanatus*, *Phalaris aquatica*, *Phleum pratense*, *Avena bizantina*, *Avena strigosa*, *Bromus catharticus*, *Bromus parodii*, *Bromus stamineus*, *Bromus auleticus*, *Bromus bibersteinii*, *Bromus valdivianus*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Lolium hybridum*, *Festulolium*, *Poa pratensis*, *Elytrigia elongata*. Dentro de la sub-familia *Bambusoideae* la única especie registrada en nuestro país para su comercialización es el Arroz (*Oryza sativa*) perteneciente a la tribu *Oryzeae*, es uno de los cereales de clima templado más importantes a nivel regional y mundial (INASE, 2011).

2.1.3.2 Clado PACCAD

- *Chloridoideae*

Está relacionada a ambientes tropicales y subtropicales aunque más secos que la sub-familia *Panicoideae*, con la que presenta grandes similitudes morfológicas como la floración indeterminada, los sistemas genéticos complejos, la poliploidía, la hibridación interespecífica y sobre todo la apomixis (Asker y Jerling, 1992), comparten entre ellas más patógenos que cualquiera del resto de las subfamilias siendo las menos adoptadas a nivel nacional. Igualmente especies como *Cynodon* ocurre en áreas templadas y *Spartina* en latitudes más extremas en áreas costeras. Presentan metabolismo fotosintético C4, el número cromosómico básico por lo general es $x=10$ y a veces menor (Chapman, 1996). En el Uruguay las especies registradas son: *Cynodon dactylon*, *Chloris gayana* y *Eragrostis tef* (INASE, 2011).

- *Panicoideae*: Andropogóneas y Paníceas

Comprende 3300 especies agrupadas en 206 géneros (GPWG, 2001). Está dividida en varias tribus, de las cuales las dos más amplias e importantes son *Paniceae* y *Andropogoneae* (Aliscioni et al., 2003). Está compuesta por plantas

anuales o perennes, herbáceas y su distribución está asociada a los trópicos, aunque existen especies en regiones templadas (Nicora y Rugolo de Agrasar, 1987).

Las *Andropogoneae* incluyen alrededor de 87 géneros y 1060 especies que se encuentran extendidas en las regiones tropicales y sub-tropicales, especialmente zonas con abundantes precipitaciones estivales, presentan metabolismo fotosintético C4 (Barkworth, 2003). Entre las especies encontradas en el Registro Nacional de Cultivares se incluyen importantes cereales, como Sorgo (*Sorghum bicolor*), Maíz (*Zea mays*), Caña de azúcar (*Sacharum officinarum*) componente de la dieta humana, Sorgo azucarero (*Sorghum saccharatum*) para producción de etanol y también especies forrajeras como Sudangrás (*Sorghum sudanense*) (INASE, 2011).

Las Paníceas son una tribu ampliamente diversa con más de 2000 especies, comprende la quinta parte de las especies de pastos y presenta una gran variación morfológica, anatómica y fisiológica (Duvall et al., 2001). Investigaciones recientes sobre filogenia de las Paníceas basadas en caracteres morfológicos y moleculares muestran que se divide en dos grandes clados: uno con número cromosómico básico $x = 9$, que agrupa a todas las especies pantropicales analizadas, y otro $x = 10$ que incluye a todas las especies americanas (Guissani et al., 2001). Este grupo resulta de gran importancia, debido a que a él pertenece *P. dilatatum* y es sobre el cual se revisarán tecnologías de manejo de prácticas de cosechas. Las especies encontradas en el Registro Nacional de Cultivares son principalmente de potencial forrajero como Moha (*Setaria italica*), Setaria (*Setaria sphacelata*), Mijo perla (*Pennisetum glaucum*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), Brachiaria (*Brachiaria brizantha*), Digitaria (*Digitaria eriantha*), Panicum (*Panicum coloratum*), Bahiagrás (*Paspalum notatum*) (INASE, 2011).

2.2 GRAMÍNEAS TROPICALES

2.2.1 Oportunidad de las gramíneas tropicales en Uruguay

La disponibilidad de forraje en cantidades suficientes a lo largo de todo el año es uno de los principales problemas de la producción ganadera en nuestro país. Las pasturas cultivadas están integradas por gramíneas principalmente de la subfamilia *Pooideae* y leguminosas invernales, que no son capaces de efectuar un crecimiento estival importante. Sin embargo a partir de mediados de primavera el ambiente es cada vez más apropiado para las gramíneas estivales (Coll, 1991) como las pertenecientes a las subfamilias de las Clorídeas y de las Panicoideas . Esto determina una explotación ineficiente del ambiente, y un enmalezamiento precoz con malezas estivales, principalmente por gramilla (*Cynodon dactylon*) que hace uso de la amplia disponibilidad de nitrógeno originado por las leguminosas al decaer su actividad en ese período (Coll, 1991) y disminuye la producción y persistencia de las especies introducidas, como también dificulta el laboreo posterior de la tierra (Santiñaque y Carámbula, 1980).

Si bien se han ido incorporando algunas especies invernales de buenas características, la oferta de gramíneas estivales perennes sigue siendo prácticamente nula y distintos actores como por ejemplo la mesa tecnológica de la Cadena Láctea identifican la falta de gramíneas estivales en el mercado como uno de los grandes problemas a solucionar. En situaciones de clima templado y templado cálido como el nuestro, la presencia de especies estivales de metabolismo C4 juega un rol fundamental en la estabilidad ecológica del sistema debido a la complementariedad de los ciclos de crecimiento entre las gramíneas invernales y estivales (Johnston 1996, Campbell et al. 1999). Específicamente para nuestras condiciones y especies, Millot (1969) muestra la excelente complementariedad de los ciclos productivos entre gramíneas C4 nativas y especies C3.

En nuestra vegetación nativa encontramos diversos géneros correspondientes a lo que Skerman y Riveros (1992) definen como gramíneas tropicales. En este sentido Boggiano (2003) menciona que en nuestro campo natural aparecen algunas especies de estos géneros de valor forrajero como por ejemplo, *Andropogon ternatus*, *Axonopus affinis*, *Panicum milioides*,

Paspalum dilatatum, *Paspalum notatum*, *Paspalum urvillei*, *Pennisetum clandestinum*, *Setaria vaginata*, *Setaria geniculata*, *Stenotaphrum secundatum* las cuales pertenecen a la subfamilia Panicoideae. Además existen otras especies nativas y naturalizadas de bajo valor forrajero frecuentes en nuestra flora, como *Bothriochloa laguroides*, *Digitaria sanguinalis*, *Paspalum quadrifarum*, *Sorghum alepense*, *Trachypogon montufari* que pertenecen a la subfamilia Panicoideae y *Chloris grandiflora*, *Cynodon dactylon*, *Eleusine tristachya*, *Eragrostis lugens*, *Eustachys bahiensis*, *Sporobolus indicus* de la subfamilia de las Clorídeas.

Lo anteriormente mencionado nos indica que el desarrollo de especies tropicales en nuestro país es posible, dado que muchas se desarrollan de manera natural y que por ser nativas están adaptadas a la interacción con animales, competencia con malezas, ataque de plagas y enfermedades como a condiciones climáticas adversas. En este sentido una alternativa promisorio es el *P. dilatatum* cv. Chirú (Pizarro, 2000), ya que presenta ventajas comparativas con las especies disponibles actualmente en el mercado, que en su mayoría son de clima templado de menor desarrollo estival.

2.2.2 Limitantes productivas para el uso de gramíneas tropicales en Uruguay y el mundo

Los cultivos forrajeros para poder ser comercializados deben producir semilla con rendimiento suficiente a un precio razonable, el problema es que pastos que semillan rápido y abundantemente en general producen baja cantidad de materia seca de escasa calidad y la selección de materiales ha estado inclinada hacia la producción de materia seca, relegando la producción de semilla (Hacker, 1999). Ésta situación es agravada en las pasturas tropicales donde se dificulta la cosecha, debido a la complejidad de determinar un momento óptimo y a la gran densidad de hojas que exige a la cosechadora, lo que puede provocar fallas mecánicas (Loch y Ferguson, 1999c), además las semillas son pequeñas, de maduración desincronizada y generalmente desgranar poco tiempo después de la madurez. Todo esto determina que el rendimiento de cosecha esté muy lejos del rendimiento potencial a campo de la especie, lo que resulta en un alto costo de la semilla producida (Hacker, 1999)

Uruguay por su latitud entre 30°S y 35°S es el único país sudamericano que se encuentra íntegramente en la zona templada. La temperatura media

anual es de 17,5 °C variando desde unos 20 °C en la zona noreste hasta 16 °C en la costa atlántica, las máximas se presentan en enero y febrero y las mínimas en junio y julio donde son habituales las heladas, ocurriendo también heladas tempranas en otoño y tardías en primavera. Las precipitaciones se caracterizan por su extrema irregularidad y variabilidad, con una distribución de valores medios anuales mínimos hacia el sur 1000 mm y máximos hacia el noreste 1400 mm (Severova, 1997). Por lo tanto algunas gramíneas tropicales importantes a nivel mundial no se siembran en nuestro país, tales como algunas especies de los géneros *Brachiaria*, *Chloris*, *Pennisetum*, *Panicum*, *Andropogon*, *Cenchrus*, *Axonopus* y *Setaria*. A modo de ejemplo *Andropogon gayanus*, *Panicum coloratum* y *Pennisetum americanum* no toleran heladas, *Panicum maximum* y *Pennisetum purpureum* además no soportan sequías intensas (Skerman y Riveros, 1992) que suelen ocurrir en nuestro país.

Es claro que en lo que refiere a las limitantes climáticas de nuestro país para producir las mencionadas gramíneas tropicales poco podemos hacer, aunque existen prácticas como el riego que permiten solucionar o al menos disminuir las deficiencias hídricas. Además de las limitantes climáticas la mayoría de las paníceas cultivadas presentan problemas en la producción de semillas, y se han encontrado diferentes soluciones en otros países que podrían ser consideradas para solucionar este problema en nuestro país.

2.2.3 Momento y método de cosecha de gramíneas tropicales

La elección del momento y método apropiado de cosecha depende en primer lugar de la especie en particular, especialmente de su hábito de crecimiento y estructura de la semilla, encontramos pastos altos como *Andropogon gayanus* y algunos cultivares de *Panicum maximum*, otros bajos y estoloníferos como *Brachiaria humidicola* y *Pennisetum clandestinum* (Mears, 1970). También depende en gran medida de la sincronización de la floración, el posicionamiento de la semilla en la planta y de la cantidad de semilla retenida en la inflorescencia (Pereira de Andrade, 1997), por ejemplo *Chloris gayana* puede florecer durante un largo período lo que dificulta la recolección de la semilla que madura de 23 a 25 días post floración. Ciclos de recolección de 60-70 días producen semillas más viables y espiguillas con mayor cantidad de granos llenos (Humphreys y Riveros, 1986).

Como se mencionó anteriormente el potencial de producción de semilla difiere mucho de lo que realmente puede cosecharse en un solo momento, lo que se explica principalmente por la emergencia progresiva de las panojas siendo producidas la mayor parte en un período de dos a seis semanas dependiendo del grado de sincronización de la especie. Otro aspecto importante es el desfasaje en el inicio de maduración de la semilla dentro de una panoja, lo que se agrava aún más por la continua producción de semillas, siendo también muy relevante el desgrane de la semilla una vez alcanzada la madurez. Todos estos factores se incrementan de manera exponencial a nivel de cultivo (Loch y de Souza, 1999b).

Respecto al momento de cosecha pequeños atrasos provocan grandes pérdidas de semilla por desgrane, mientras que pequeños adelantos significan mucha semilla inmadura que rápidamente pierde viabilidad (Loch y de Souza, 1999b) El método de cosecha puede ser tanto manual como mecanizado, esto dependerá de la disponibilidad de mano de obra calificada como el costo de la misma, maquinaria disponible, tamaño del semillero, etc.

Todo lo mencionado anteriormente hace difícil pero fundamental la elección de un momento y método de cosecha adecuado ya que determina en gran parte el éxito o fracaso de la actividad (Loch y de Souza, 1999b).

2.2.3.1 Definición del momento de cosecha

El momento de cosecha ha recibido gran atención de los investigadores; los días después a la emergencia de la inflorescencia ha sido elegido como parámetro para definir el momento óptimo de cosecha, de todas formas éste no es independiente sino que depende del clima local, regional y anual. Esta determinación puede ser de gran utilidad para ayudar a los productores a planificar la cosecha con el tiempo necesario, sin embargo existen otros parámetros como por ejemplo, para *Pennisetum americanum* las semillas están prontas para la cosecha 3 a 4 semanas post-antesis o *Chloris gayana* cv. Mbarara la semilla se recolecta durante 10 a 14 días después de la polinización (Skerman y Riveros, 1992), aunque hoy en día los productores basan su elección en una serie de parámetros morfológicos como el desgrane, cambio de color y dureza del cariopse (Pereira de Andrade, 1997). Los calendarios de actividades son útiles pero no exactos, son una aproximación. A campo la

dificultad radica en reconocer el balance entre la madurez y el desgrane que indica el estado fenológico de todo el cultivo (Loch y Harvey, 1999a).

Por regla general cuando las semillas están maduras previo al desgrane se obtiene la mayor cantidad de semillas removibles mediante un suave golpeteo o trillado manual de la panoja, esto está asociado a una coloración amarronada en el tallo de la inflorescencia debido al cese de la traslocación de asimilados hacia los granos. Las semillas que maduran temprano son las que desgranar previo al momento óptimo de cosecha, por lo tanto esa semilla se pierde, esto también puede ser utilizado como indicador del momento de cosecha (Loch y Ferguson, 1999c). En *Panicum maximum* cuando se observa un 15 a 20% de desgrane se recomienda el comienzo de cosecha, aunque es una práctica un tanto riesgosa (Rayman, 1979).

Los cambios de color por madurez están reflejados en la apariencia general del cultivo, estos varían para diferentes cultivares y deben ser determinados por una observación detenida en cada caso. En cultivos de maduración heterogénea no son tan distinguibles y es más difícil determinar el momento de cosecha que en aquellos bien sincronizados. En contrapartida algunas especies como *Brachiaria* ssp. no tienen variaciones notables en el color y los productores no pueden utilizar este indicador (de Souza, 1999a).

2.2.3.2 Métodos de cosecha

- Cosecha única destructiva

La cosecha única destructiva es el método más utilizado, particularmente en cosechas mecanizadas (Hopkinson y Clifford, 1993), se utiliza principalmente en cultivos que presentan dificultades de manejo por la estructura de la semilla, o cultivos con floraciones sincronizadas. Si las condiciones de crecimiento son buenas es posible realizar dos cosechas al año, particularmente en especies en que la floración no está restringida por el largo del día. Por ejemplo, Rayman (1979) reportó hasta cinco cosechas en un año para *Panicum maximum* cv. Green Panic con ésta alternativa de manejo. La humedad del cultivo es cosechada directamente tanto con cosecha convencional o manual con hoz, aunque la eficiencia de cosecha puede mejorarse cortando el cultivo y dejándolo secar en el campo para luego trillarlo.

Una consecuencia inevitable de este método es la menor calidad obtenida, si la comparamos con otros métodos más selectivos en los que sólo se cosechan las semillas más maduras. Por la continua producción de semillas siempre existe una proporción de inmaduras, de baja viabilidad la cual además se pierde rápidamente. Hopkinson y English (1985) demostraron esto en *Panicum maximum* y mostraron además que la proporción de espiguillas maduras en muestras de semilla cosechada varía de 30 a 90%. El secado a campo disminuye esta pérdida de calidad por inmadurez, debido a que el proceso de maduración continúa hasta que se retira la semilla.

Corte manual

Son los más simples y lógicos de usar cuando la mano de obra es barata y abundante, además es menos dependiente de las condiciones climáticas si lo comparamos con los métodos mecanizados. África, Asia y algunas regiones de Latinoamérica son ejemplos de sistemas exitosos basados en la cosecha a mano (Loch y de Souza, 1999b). En Kenia las inflorescencias de *Chloris gayana* y *Setaria sphacelata* son cortadas con hoz encima de las hojas formando una gavilla que queda en el campo por aproximadamente dos semanas para luego ser colectados y trillados por golpeteo, éste método requiere de 15 a 20 hombres por hectárea y por día. En áreas extensas o en otros materiales la gavilla es tamizada y la semilla es secada por el sol antes de ser trasladada para la limpieza (Boonman, 1979).

En Tailandia, plantas de *Brachiaria ruziziensis* también son cosechadas a mano con hoz, pero en este caso las panojas son apiladas y se dejan secar por aproximadamente tres días, de esta pila se recuperan las semillas caídas de modo de evitar el sobrecalentamiento. A medida que avanza el proceso de secado la pureza de la semilla disminuye (Phaikaew et al. 1993, Phaikaew et al. 2001).

En Brasil en la cosecha de *Panicum maximum* cv. Coloniao (Maschietto, 1981) se utiliza un método similar a Tailandia, siendo la principal diferencia entre éstos el mayor tiempo de secado utilizado en Brasil (cinco a siete días), esto lleva a producir rendimientos variables y semilla de menor pureza que de todas formas es aceptable para el mercado local (de Souza, 1999b).

Corte y secado

En Queensland, Australia se ha desarrollado un método de cosecha combinado (Hopkinson y Clifford, 1993). El mismo consiste en una barra cortadora montada en un tractor de modo tal que corte las panojas, siendo éstas luego transportadas a una tolva ubicada en la parte posterior del tractor. El material cosechado se deja secar por tres días para luego separar la semilla y terminar de secarla, métodos similares han sido utilizados en Cuba para cosechar semillas de *Andropogon gayanus* y *Chloris gayana* (Bogdan, 1977).

Cosecha combinada

Las cosechadoras comunes autopropulsadas están diseñadas para trabajar con materiales secos y poco material verde o enredado. Su utilización para cosecha de tropicales provoca una mayor presión sobre la máquina obligándola a trabajar a capacidad máxima lo que redundo en una menor eficiencia y fallas mecánicas frecuentes. El continuo desarrollo de las cosechadoras combinadas ha incrementado tanto el poder del motor como la capacidad de cosecha de las máquinas, aumentando la eficiencia de trabajo (Hopkinson y English 1985, Hopkinson y Clifford 1993).

Esta máquina requiere de condiciones ambientales secas para poder trabajar apropiadamente; en áreas húmedas no se ha adoptado este método prefiriéndose la cosecha directa (Hopkinson y English, 1982). Cuando las probabilidades de que ocurra un ambiente seco durante la cosecha son altas, el hilerado por algunos días permite obtener más cantidad de semilla y de mejor calidad que una cosecha directa (Loch y Ferguson, 1999c).

La cosecha combinada es el método más comúnmente utilizado en *Chloris gayana* cv. Mbara, *Panicum maximum*, y también en especies como *Brachiaria humidicola* debido a que presenta una emergencia de panojas más uniforme que las demás especies de *Brachiaria* (de Souza, 1999a), también es común en aquellas en las que se realiza hilerado y luego se vuelve a trillar para aumentar la colecta de semillas (Loch y Harvey, 1999a).

En *Pennisetum clandestinum* también se realiza cosecha combinada, aunque un tanto distinta a lo mencionado en los párrafos anteriores. Esta especie no presenta el problema de desgrane por lo que las plantas son cortadas a nivel del suelo e hileradas cuando alcanza el máximo crecimiento, el

material seco es trillado por una cosechadora modificada con un martillo moledor, de ésta forma se recupera la mayor cantidad de semilla posible (Ross, 1999). El *Pennisetum americanum* también puede recolectarse directamente con cosechadoras combinadas para variedades altas, adaptando un cilindro delante de la carda (Skerman y Riveros, 1992).

- Cosechas múltiples no destructivas

La capacidad de obtener múltiples cosechas de la planta en pie reduce el impacto de la pobre sincronización de la floración y permite obtener mejores rendimientos, el objetivo es dejar las semillas inmaduras e inflorescencias intactas para que continúen desarrollándose y puedan ser cosechadas más tarde (Loch y de Souza, 1999b). Un ejemplo de este método es la maquinaria desarrollada para *Pennisetum clandestinum* la cual consiste en un sistema de vacío para aspirar la semilla, permitiendo 5 a 6 pasadas (Ross, 1999).

Cosecha a mano

Especies como *Brachiaria ruziziensis* en Tailandia y *Panicum maximum* alto son cosechados por este método. A medida que la planta madura las inflorescencias son agrupadas en atados, luego éstas panojas son sacudidas dentro de un recipiente cerrado por dos semanas con un intervalo de tres a cinco días (Maschietto 1981, Phaikaew et al. 1993), transcurrido este periodo la cosecha se torna inviable económicamente debido al desgrane natural, éste método implica 25 personas/ha/día. En Brasil se han realizado prácticas similares durante veinte años, en *Pennisetum americanum* también se utiliza este método ya que la maduración no es uniforme (Skerman y Riveros, 1992).

Cosechadora golpeadora

En Queensland, Australia se desarrolló una cosechadora que consiste en un implemento montado en un tractor y no es más que una caja abierta por el frente que adentro tiene volantes que giran y con su impacto remueven las semillas de las panojas atrapadas contra el borde de la maquina (Cull 1963, Purcell 1969). En otras partes del mundo se han desarrollado cosechadoras similares, donde son utilizadas como un método de bajo costo para cosechar

plantas de bajo rendimiento y con poca sincronización de la floración (Loch y de Souza, 1999b).

Este método es utilizado para cosechar *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria humidicola* cv. Llanero en Colombia y recientemente se ha desarrollado una versión pequeña para cosecha a mano utilizando este sistema en Bolivia (Cardozo et al. 1991, Ramos 1991). Existe además otro tipo de máquina golpeadora, que consiste en un cepillo cilíndrico que rota golpeando las panojas haciendo que las semillas más maduras se desprendan.

- Recuperación de la semilla madura caída

Esta técnica permite solucionar los problemas causados por la desincronización de los cultivos, logrando mejores rendimientos que los métodos anteriores (Loch y de Souza, 1999b).

Barrido manual

Es un método utilizado usualmente en leguminosas, en el noreste de Tailandia ha sido utilizado últimamente en *Brachiaria ruziziensis* para obtener semilla de alta calidad en pequeñas áreas (Phaikaew et al., 1993). De todas formas donde ha sido más utilizado es en Brasil donde el 80% de las semillas de *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria brizantha* son cosechadas por este método, que resulta en mayores rendimientos, mayor calidad y menor dormición, aunque aumenta el costo de la mano de obra. Recientemente el área de *Panicum maximum* y *Andropogon gayanus* bajo esta práctica de cosecha ha ido en aumento (de Souza, 1999b).

Según de Souza (1999a) en Brasil se obtienen rendimientos de hasta 800 a 1000 kg/ha en *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria brizanta* lo que es ampliamente superior a los 60 a 100 kg/ha que son obtenidos en la cosecha combinada con la planta en pie. Además con el barrido manual se obtiene semilla de alta germinación y vigor que promueve un rápido y uniforme establecimiento de la planta. En contrapartida no puede ser utilizado en regiones húmedas y tampoco con especies como *Brachiaria humidicola* que forma una red de estolones que no permite el barrido (Loch y de Souza, 1999b), además el momento de cosecha coincide con la época húmeda impidiendo el secado de la semilla (de Souza, 1999a).

En el centro de Brasil la cosecha se realiza durante la estación seca y consiste en el corte de plantas, la remoción del material cortado para exponer las semillas en el suelo y el apilado de éstas. Antiguamente éstas operaciones implicaban 75 a 90 hombres/ha/día y se obtenían niveles de pureza de 3 a 5 % que se incrementaba a 50% luego del procesamiento comercial (de Souza, 1999a).

Actualmente existen métodos mecanizados que permiten un menor uso de mano de obra que hoy en día tiene un mayor costo, en este método las plantas son cortadas con un tractor que tiene una barra cortadora adaptada, las escobas de 50 centímetros utilizadas tradicionalmente han sido remplazadas por una larga escoba rotativa transversal montada en el tractor que es capaz de cubrir dos o tres hectáreas por día, en el mismo tractor se realiza una primera limpieza en la que se alcanzan niveles de 20 a 30% de pureza. En cultivos sembrados en líneas en suelos arcillosos la eficiencia de cosecha es usualmente mayor al 95 % de la semilla presente (Loch y Ferguson, 1999c).

2.3 *PASPALUM DILATATUM*

2.3.1 Generalidades de la especie

2.3.1.1 Ubicación taxonómica

El *P. dilatatum* Poir. y las especies relacionadas a él incluidas en el grupo Dilatata del género *Paspalum*, son nativas de clima cálido a templado en sudamérica, con buen comportamiento ante el frío, resistiendo heladas frecuentes. Ésta gran adaptabilidad ha permitido que este grupo tenga una amplia distribución en el mundo, siempre y cuando se den las condiciones de temperatura y lluvia necesarias para su desarrollo (Speranza, 2009). El grupo comprende varias especies sexuales y apomícticas, tetraploides, pentaploides, hexploides y heptaploides; todas ellas poseen una fórmula genómica en la combinación IIJJ, y un número variable de copias del genoma denominado X que codifica la apomixis (Speranza, 2005). Dentro de este grupo podemos identificar numerosas sub especies de *P.dilatatum* como *P.dilatatum* ssp.

flavescens, *P. dilatatum* ssp. *dilatatum* entre otros, también especies como *P. urvillei* y *P. pauciliatum* (Speranza, 2009).

2.3.1.2 Características morfológicas y fisiológicas

P. dilatatum (pasto miel, pata gallina) es una gramínea perenne, de ciclo estival, con adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y humedad muy amplias en nuestro país (Rosengurtt, 1946). Es rizomatosa a cespitosa de rizomas muy cortos, resiste sequía y tolera excesos hídricos por su sistema radicular extenso, fuerte y profundo. No cubre totalmente el suelo lo que lo hace compatible con otras especies, resiste el pisoteo, también a pastoreos intensos y frecuentes ya que la gran mayoría de los rebrotes se produce desde yemas ubicadas por debajo del nivel del suelo (Benítez 1980, Carámbula 2007).

Produce numerosas inflorescencias en su larga estación de crecimiento, ya que a diferencia de otras gramíneas no tiene un período vegetativo definido, pues en primavera al poco tiempo de comenzar a vegetar empieza a producir inflorescencias en un período que se extiende hasta el otoño (García, 1971). No solo aparece en campos vírgenes, sino que su presencia es común en rastrojos (Carámbula, 2007), ya que es una de las gramíneas que demora más en desaparecer en las degeneraciones pratenses (Rosengurtt, 1946).

2.3.1.3 Distribución geográfica

Originaria de América Latina con epicentro en Uruguay, norte de Argentina y sur de Brasil, es una importante especie cultivada en el sureste de Estados Unidos (Burson et al., 1997), siendo también utilizada con éxito en Nueva Zelanda, Australia y Sudáfrica (Langer, 1981), resultando “*curioso y chocante que no lo cultivemos en su patria original*” (Rosengurtt et al., 1970).

2.3.1.4 Caracterización de ecotipos

En nuestro país los ecotipos estivales están geográficamente localizados hacia el norte y se corresponden con *P. dilatatum* ssp. *dilatatum* (Milot, 1969). El cultivar Estanzuela Chirú ($2n=6x=60$) parecería ser el resultado de la hibridación de algún clon de estos últimos y otro progenitor desconocido probablemente relacionado con *P. quadrifarum* (Speranza, 2009). Esto último se evidencia por la similitud en el hábito de crecimiento, forma piramidal de las panojas y pelos dispersos en la parte posterior del raquis de las espigas¹; a su vez también existe evidencia molecular que demuestra esta relación (Speranza, 2009). La fórmula genómica de este cultivar es IIJXX y su método de reproducción la apomixis (Burson, 1991). Sus características productivas principales son: ciclo largo, alto potencial de producción, porte erecto, buena producción de semillas y susceptibilidad a *Claviceps paspali*. Sus panojas se mantienen erectas hasta la madurez y tienen 6 a 12 espigas por panoja, con espiguillas menores que las de *P. dilatatum* tipo común, presenta anteras violetas y fuerte pigmentación antocianica (Rivas, 1989).

Entre los ecotipos más primaverales predomina el *P. dilatatum* ssp. *flavescens* que se distribuye en la zona sur del país (Milot, 1969) y en el este de la provincia de Buenos Aires (Rivas, 1989). Según Burson et al. (1973) este ecotipo presenta un número cromosómico $2n=4x=40$, su fórmula genómica es IIJJ y su método de reproducción es sexual.

Se diferencia de *P. dilatatum* ssp. *dilatatum* por presentar anteras amarillas en floración, según Speranza (2009) este biotipo posee anteras y estigmas más cortos que otros tetraploides, lo que es considerado evidencia morfológica de autogamia funcional. Tiene comportamiento meiótico regular, es muy poco susceptible a *Claviceps paspali* y presenta mayor porcentaje de semillas llenas que *P. dilatatum* ssp. *dilatatum*. Como contrapartida es menos folioso que este último, con hojas más angostas y largas que no toman la coloración violácea del tipo “común” por no presentar antocianina (García, 1971).

¹ Speranza, P. 2011. Com. personal.

2.3.2 Ventajas productivas

La importancia en nuestros sistemas de producción radica fundamentalmente en la posibilidad de incluir al *Paspalum* en las mezclas forrajeras con el objetivo de solucionar la crisis estival de forraje (Rivas, 1989), ya que tiene gran potencial de producción primavero-estivo-otoñal (Carámbula, 2007). Según Santiñaque (1979) las mezclas de mayor producción total fueron aquellas que tenían *P. dilatatum* y *Lotus corniculatus*. Por otra parte la inclusión de pasto miel reduce el ingreso de malezas estivales y limita la competencia desarrollada por las leguminosas en la primavera y el verano, lo cual tiende a estabilizar las praderas (Santiñaque, 1979).

2.3.3 Limitantes productivas

Todos los investigadores que han trabajado con esta gramínea coinciden sin excepción, en que la limitante más importante para su uso extensivo es la baja producción de semilla viable (Holt y Bashaw 1963, Formoso 2003). Rosengurtt (1946) establece muy claramente: “la dificultad que impide divulgar el cultivo de ésta excelente pastura es la baja producción de semillas que resulta de un costo muy elevado”.

2.3.3.1 Producción de semillas

El bajo porcentaje de semillas llenas asociado muchas veces a un bajo porcentaje de germinación resulta en una muy pobre proporción de semillas viables. Este comportamiento está asociado a factores inherentes al modo de reproducción de la especie, a efectos producidos por el ataque de *C. paspali* así como a las condiciones ambientales imperantes durante la floración (García 1971, Benítez 1980).

- Factores inherentes al modo de reproducción

Wilson y Holt (1960) encontraron que se forman pre embriones aún cuando se impide a los tubos polínicos alcanzar los ovarios, lo que es un índice

de apomixis, pero en virtud de que en dichos casos no se produce endosperma ni semilla llena es evidente que la pseudogamia debe ocurrir.

La frecuencia de óvulos estériles hallada por Reusch (1960) es muy baja (0 a 1,5) como para pensar que es un factor importante en la pobre calidad de semilla de *P. dilatatum*. Este autor obtuvo una correlación altamente significativa ($r=0,973$) entre el porcentaje de semilla llena y el porcentaje de óvulos con un saco embrionario, y una fuerte correlación negativa ($r=-0,881$) entre semilla llena y el número promedio de sacos embrionarios por óvulo. Al mismo tiempo encontró diferencias altamente significativas entre plantas para el porcentaje de óvulos con un saco embrionario, que oscila de 5 a 50%. Éste investigador concluyó que únicamente aquellos óvulos que contienen un solo saco embrionario producen semilla llena. Sin embargo es posible encontrar varias plántulas de una sola semilla². Reusch (1960) observó que el número de sacos embrionarios por óvulo permaneció constante durante dos años, indicando que éste carácter está determinado genéticamente y que la variación entre años en el porcentaje de semilla llena no es debido a la variación en el número de sacos embrionarios.

Debido al número cromosómico del *P. dilatatum* ssp. *dilatatum* ($2n=50$) Bashaw y Forbes (1958) señalan que esos 10 univalentes representarían un genomio completo. Estos cromosomas que no se aparean en la meiosis dan lugar a células gametofíticas desbalanceadas dada la desigual distribución de material cromático a las células hijas, esto explica la gran variación en tamaño de los granos de polen, y el alto grado de abortos de los mismos que llega aproximadamente al 50% (Wilson y Holt, 1960). En este sentido datos nacionales reportados por Coll (1976) indican también la presencia de 20 bivalentes y 10 univalentes en *P. dilatatum* ssp. *dilatatum*, lo que estaría generando meiosis irregular y por tanto explicando las variaciones existentes en el tamaño de los granos de polen en esta sub especie.

Reusch (1960) sugiere que las variaciones en proporción de semillas llenas entre años como también las variaciones dentro de años son primariamente debidas al efecto del ambiente sobre el dador de polen. Como ya fue mencionado anteriormente el número de sacos embrionarios por óvulo permaneció constante entre años y no afectó el porcentaje de semillas llenas. Según este mismo autor es posible que en condiciones ambientales

² Speranza, P. 2011. Com. personal

desfavorables tales como alta temperatura y baja humedad pueda verse afectado el crecimiento del tubo polínico durante las 10-12 horas que demora el mismo en alcanzar el ovario en *P. dilatatum*. Esto explicaría el bajo porcentaje de semillas llenas en algunos momentos, pero no explicaría el fracaso en obtener alta cantidad de semillas llenas en condiciones favorables y cuando una cantidad adecuada de tubos polínicos alcanzan los ovarios.

Bennett (1959) observó que el polen de *P. dilatatum* es de vida corta, ya que a la media hora de la dehiscencia de la antera, falla la germinación. Los granos de polen germinan unos pocos minutos después de ponerse en contacto con el estigma; 10 a 12 horas después el tubo polínico pasa a través del micrópilo dentro del saco embrionario (Bennett, 1944). García (1971) agrega que el polen es susceptible a condiciones ambientales adversas, sin embargo parece poco probable que la cantidad de semilla llena esté limitada por inadecuada polinización, a menos que muchos de los tubos polínicos sean deficientes en algún factor que sea necesario para el desarrollo de la pseudogamia. En éste sentido Reusch (1960) asumiendo que una causa del bajo porcentaje de semilla llena podría ser una polinización inadecuada, encontró que si bien una aplicación de un exceso de polen aumentó el porcentaje de semillas llenas, las diferencias no fueron importantes. Por otro lado Wilson y Holt (1960) comprobaron que en condiciones de campo normales y favorables para el crecimiento, un alto porcentaje de los ovarios de *P. dilatatum* contenían tubos polínicos, indicando que la polinización es adecuada.

- Incidencia de *Claviceps paspali*

El cornezuelo es una enfermedad causada por *Claviceps purpurea* y por otras especies de *Claviceps*, se encuentra distribuida en todo el mundo y en varias especies, como centeno, trigo, cebada, avena y en ciertos pastos y semillas (Agris, 1995). En *P. dilatatum* la presencia de *C. paspali* en las panojas durante la floración dificulta la cosecha de semilla y su procesamiento, no existe información suficiente sobre las posibilidades de control químico del *Claviceps* en los semilleros. Por otro lado, se trata de una enfermedad policíclica y su incidencia aumenta durante la estación reproductiva siendo siempre altamente prevalente en las floraciones de otoño y mucho menos en la primer cosecha de primavera (Luttrell, 1977).

Según García (1971) el *C. paspali* debe considerarse como un factor más dentro de los varios que influyen en la calidad de la semilla. Más aún, el hecho de que la proporción de semillas vanas es siempre muy elevado, podría ser un índice de que son los factores inherentes al modo de reproducción de la especie los que tienen cuantitativamente mayor importancia relativa. Stewart (1957) menciona un experimento en el cual se inocularon espiguillas a los 30 minutos, 34 horas y 48 horas después de la polinización, solamente 3 esclerotos se desarrollaron sobre el grupo de 30 minutos, y ninguno sobre los de 34 y 48 horas, concluyendo que la polinización y fertilización suministraron resistencia al hongo. Dicho autor apoya la idea de que la fertilización reduce la incidencia de *Claviceps* más de lo que este reduce la semilla llena, lo que condice con lo mencionado por Holt y Bashaw (1963).

- Incidencia de trips

Otro de los factores que pueden incidir en gran medida en la producción de semilla de gramíneas es el ataque de trips. En *Panicum maximum* se ha reportado hasta un 70% de daño a los cariopses por parte de estos insectos, considerándose uno de los factores más limitantes para la producción de semillas (Delgado y de la Paz, 1991). No es práctica común ni ha sido ensayado en nuestras condiciones el control de estos insectos, pero en condiciones de invernáculo en la Facultad de Agronomía se observa un altísimo incremento en la producción de semilla de *P. dilatatum* cuando se aplica "Spinosa"³. La presencia de trips a campo ha sido confirmada en varias épocas del año en panojas aún no emergidas constatándose daño directo a los ovarios.

2.3.3.2 Dormición de la semilla

Según Coll (1991) el concepto generalizado de que la especie presenta un bajo vigor inicial se debe a la dormición que presenta la especie, ésta es levantada por el aumento de la edad de la semilla y/o por el incremento de la temperatura del suelo, esto se traduce en germinación y emergencia retardada

³ Speranza, P. 2011. Com. personal

y escalonada; este problema se da principalmente en siembras de otoño con semillas cosechadas del verano anterior. En general, se ha encontrado una reducción de la dormición durante el primer año de almacenamiento (Villar, citado por Schrauf et al. 1995, Tischler y Burson 1999).

2.3.3.3 Mejoramiento genético

En las Panicoideas y Chloridoideas son frecuentes los sistemas genéticos complejos, la poliploidía, la hibridación interespecífica y sobre todo la apomixis (Asker y Jerling 1992, Naumova et al. 1998). El mejoramiento convencional en especies apomícticas implica la identificación de fuentes de sexualidad, la generación de nuevos híbridos apomícticos y nuevas fuentes de sexualidad en forma cíclica (Naumova et al., 1998). Asker y Jerling (1992) resumen la experiencia acumulada durante varias décadas en la metodología de mejoramiento de gramíneas apomícticas, en todos estos el énfasis ha sido puesto en la búsqueda de fuentes de sexualidad y la generación de nueva variabilidad, este proceso presenta enormes dificultades prácticas y utiliza en forma ineficiente la variabilidad natural, que a pesar de no haber sido eficientemente explorada ha sido el origen de la mayoría de los cultivares exitosos de gramíneas perennes C4.

En *Paspalum* la búsqueda de variedades de alto potencial en producción de semilla se ha visto restringido por la aparente apomixis obligada de los biotipos de alto valor forrajero (Holt y Bashaw 1963, Rivas 1989). En este sentido Holt y Bashaw (1963) mencionan que los intentos por desarrollar líneas mejoradas de *P. dilatatum* a partir de semilla de plantas aparentemente superiores también han fracasado; sin embargo Cousso et al. (2010) mencionan que fue posible obtener un cultivar con mejor emergencia y crecimiento inicial mediante selección de distintos híbridos, por respuesta al corte, dicho material fue inscripto en el registro nacional de cultivares en Argentina bajo el nombre "Relincho".

Speranza (2005) afirma que existe variabilidad genética y fenotípica para *P. dilatatum* Poir en la región, y agrega que el "*citotipo pentaploide de ésta especie está constituido por un único clon dominante y varios clones recombinantes derivados en su mayor parte de este*". Este clon dominante ampliamente distribuido originaría mediante hibridaciones con especies

parentales compatibles sexualmente individuos pentaploides que fueron clasificados por Speranza (2005) en cuatro grupos (a,b,c y d) los cuales presentan una relación geográfica con sus contrapartes sexuales, e indican que existe un importante reservorio de variabilidad genética aún por conocer y analizar (Rodríguez, 2010). Este mismo autor agrega que la varianza intergrupales es mayor a la intragrupal para los genotipos pentaploides apomícticos mencionados por Speranza (2005). Por su parte Michelini (2010) realizó un trabajo en el que encontró que existieron diferencias en la tasa de elongación foliar y filocrón tanto entre los distintos niveles de ploidía como entre los grupos genéticos del grupo Dilatata. A nivel general se determina la existencia de variabilidad genotípica y fenotípica para proyectar en un futuro cercano una línea de producción de cultivares en esta especie, ya que existe en forma natural un gran reservorio no explotado (Rodríguez, 2010). Entre los materiales actualmente disponibles, Chirú aparece como un cultivar morfológicamente distinto y por ende puede ser diferenciado del resto de las especies pertenecientes al grupo Dilatata. Lo que posibilitaría su inscripción como cultivar en el Registro Nacional de Cultivares de INASE ya que puede ser diferenciado a campo de los materiales espontáneos.

Se han realizado varios esfuerzos por superar mediante mejoramiento genético la ocurrencia de infección de *C. paspali*, esto no ha sido posible mediante la selección de genotipos apomícticos de buen comportamiento, aunque se han obtenido resultados promisorios mediante cruzamientos interespecíficos de genotipos sexuales con *P. urvillei*, el cual presenta muy buen comportamiento a la infección del hongo. Los híbridos resultantes presentan menor valor forrajero que los biotipos apomícticos, pero por poseer una mayor variabilidad genética permiten mejoramiento por selección (Schrauf, 2003b). Este mismo autor indica que recientemente se han realizado avances importantes respecto al desarrollo de plantas transgénicas, lo que abre una ventana en la incorporación de características de gran valor agronómico en biotipos apomícticos como por ejemplo resistencia a *C. paspali*.

De acuerdo a la bibliografía consultada existe una variabilidad genética y fenotípica natural que permitiría la selección de biotipos de mejor comportamiento que los existentes. En este sentido podríamos seleccionar biotipos con mayor retención de semilla y de buen valor forrajero. También es posible generar variabilidad mediante cruzamientos intra e inter específicos, a partir de los cuales se han obtenido avances en características como el

comportamiento frente a *C. paspali*, siguiendo esta metodología también podríamos lograr avances importantes en cuanto a la retención de semillas. Todo esto sumado a lo expuesto por Schrauf et al. (2003a) sobre el desarrollo de plantas transgénicas no sólo permitiría la superación de algunos de los problemas de pasto miel, sino que incrementaría su valor como especie forrajera.

2.3.4 Producción de semillas

Además de la producción potencial de semilla de los materiales, la eficiencia en la cosecha y la eficiencia en la germinación e instalación de la semilla determinan directamente el costo final del insumo semilla.

2.3.4.1 Instalación de semilleros

Según Coll (1991) al momento de realizar un semillero deben tenerse en cuenta los siguientes factores: elección de la chacra, latencia de la semilla, control de malezas, fertilización, cosecha y factores inherentes a la siembra como son el método, la densidad, el espaciado entre líneas, el peleteado de la semilla y profundidad de siembra.

- Elección de chacra

La elección de chacra debe realizarse considerando que la misma se encuentre libre al menos parcialmente de gramilla, debido a la baja competencia inicial del *Paspalum*; también deben elegirse suelos profundos, en posición topográfica baja, pero siempre con drenaje aceptable. No existen requisitos de aislación para el cultivar Estanzuela Chirú, por ser este apomíctico y poder distinguirse morfológicamente del *P. dilatatum* nativo¹. De todas formas deben buscarse chacras con baja población de *Paspalum* nativo para evitar la mezcla mecánica de la semilla en la cosecha.

- Factores inherentes a la siembra

Método y época de siembra

La siembra puede ser asociada o pura, aunque de la primera práctica no hay experiencias suficientes en el país que demuestren su viabilidad, el único trabajo nacional encontrado es el de Peralta (1982) que brindó resultados muy positivos respecto al número de plantas/m² de *P. dilatatum* que se instaló con éste tipo de siembra, Coll (1991) recomienda la siembra pura en los meses de setiembre y octubre, mientras que Carámbula (2007) recomienda el mes de agosto, debido a que la germinación ocurre bajo condiciones muy apropiadas, y los aumentos sucesivos de temperatura promueven el rápido desarrollo de las plántulas y una buena implantación. Según Holt y Bashaw (1963) no se han encontrado datos consistentes que muestren aumento en el rendimiento o calidad de semillas por realizar siembras en línea, y que sólo trae ventajas del punto de vista práctico al momento de la cosecha o riego.

Densidad, espaciamiento y profundidad de siembra

En siembras puras Coll (1991) recomienda 7 kg/ha de semillas de calidad estándar, además del peleteo de la semilla que asegura un flujo adecuado de la semilla en la sembradora. Por su parte Carámbula (2007) recomienda 8-12 kg/ha y 6-8 kg/ha en caso de tratarse de siembras en mezcla. Benítez (1980) recomienda 10-12 kg/ha para siembras en Ecuador. Según Coll (1991) los mayores potenciales de producción se obtienen con espaciamientos entre líneas de 60-90 cm, pueden obtenerse rendimientos mayores con mayor espaciamiento siempre que se realice control químico de malezas y no se esperen problemas de enmalezamiento por características especiales de la chacra. Se recomienda una profundidad entre 1 a 1,5 cm. (Skerman y Riveros, 1992), lo que no es fácil de lograr con semillas tan pequeñas, de todas formas este es un aspecto en el que debe prestarse especial interés ya que han ocurrido numerosos fracasos por siembras demasiado profundas (Coll, 1991).

- Control de malezas

Las malezas en los semilleros causan pérdidas tanto en la calidad, como en la cantidad de semilla cosechada. Las primeras se relacionan con la presencia de semillas de malezas, lo que determina la contaminación del lote que además de aumentar las mermas y encarecer el procesamiento, puede determinar su rechazo por la imposibilidad práctica de alcanzar el estándar de calidad establecido (Coll, 1991). Por otra parte las malezas compiten con el cultivo de *Paspalum* principalmente en implantación, por agua, nutrientes y luz reduciendo el rendimiento físico, por tal razón Coll (1991) recomienda el escarificado de la semilla y el uso de herbicidas pre-emergentes y/o cortes de limpieza. Según Campbell et al. (1999), Carámbula (2007) a partir del segundo año no es necesario realizar controles de malezas, debido a la buena competencia natural que presenta el *Paspalum*.

- Manejo de nutrientes

En cultivos en instalación se debe tener precaución con la fertilización nitrogenada y fosfatada, ya que por lo general en ésta etapa las malezas son más eficientes que el *Paspalum* en el uso de los nutrientes que aportan los fertilizantes (Coll, 1991). Por tal razón es conveniente realizar la fertilización a fines de verano cuando las malezas anuales estivales tales como *Digitaria*, *Echinochloa* entre otras han finalizado su ciclo.

2.3.4.2 Factores que determinan el rendimiento de semillas

- Influencia de las condiciones ambientales

Novosad (1954) observó una variación en el porcentaje de semilla llena comprendida entre 6,1 y 48% dentro de una misma estación de crecimiento en condiciones de campo, atribuyendo esto a diferentes condiciones ambientales en los momentos de floración. En este sentido Burton (1943) señaló la existencia de una fluctuación estacional caracterizada por la declinación del porcentaje de semilla llena a medida que avanza la estación y sugirió que las

características ambientales como temperatura, nubosidad y lluvia pueden ser en parte responsables del descenso estacional observado.

Existe una relación negativa ($r = -1,239$) entre el porcentaje de semilla llena y la temperatura máxima en la floración, y una relación positiva (coeficiente $r = 0,702$) entre el porcentaje de semilla llena y la humedad relativa mínima en la misma etapa (Novosad, 1954) Bajas temperaturas (21-16 grados) resultaron en altos porcentajes de panojas con semilla y altos pesos de semilla. Estos resultados coinciden con lo expuesto por Holt y Bashaw (1963), Pearson y Shree (1981) que a su vez agregan que una situación de humedad muy baja significan mermas mayores en el rendimiento que las altas temperaturas. Las fallas en producir semillas fértiles a altas temperaturas fueron presumiblemente por efectos térmicos en la antesis y fertilización más que por aborto de semillas, ya que a altas temperaturas las anteras caen antes de la antesis y la floración es anormal. Sin embargo la tasa de germinación, velocidad de la misma y producción de hojas así como acumulación de materia seca y relación tallo/raíz aumentó con temperaturas entre 27/22 y 30/25 °C (Pearson y Shree, 1981).

Knight (1955) observó que el *P. dilatatum* no produjo semillas con fotoperíodos inferiores a 10 horas, la producción fue errática con fotoperíodos de 12 horas y las plantas con fotoperíodos de 16 horas produjeron mayor porcentaje de semillas llenas que las de 14 horas. Por su parte Mitchell y Lucanus (1962) coincidiendo con lo mencionado por Knight (1955) encontraron que altas temperaturas nocturnas en combinación con fotoperíodos de 14 y 16 horas eran las condiciones óptimas para la producción de semilla en invernáculo. Bennett (1959) encontró que a medida que la temperatura descendió por debajo de 21°C hubo retardo e irregularidad en la floración, hasta el punto crítico de 10°C en el cual no se produjo floración.

Según García (1971) existen varias evidencias que indican que los factores ambientales influyen en la incidencia de *C. paspali*, Burton (1943) observó que un aumento en el porcentaje del hongo estuvo relacionado con la precipitación y un decrecimiento en el porcentaje de infección con períodos secos. Sin embargo Stewart (1957) no encontró correlaciones significativas entre la tasa de infección de *Claviceps*, la temperatura y humedad relativa.

- Manejo de nutrientes

Tanto Coll (1991) como Campbell et al. (1999) coinciden en que se observa respuesta en la producción de semilla con fertilizaciones de hasta 100 unidades de nitrógeno por año, siempre y cuando el fósforo no sea limitante. Es por tal razón que Campbell et al. (1999) recomienda la aplicación de fosfato para mantener la productividad de la pastura.

El momento de la fertilización es importante, la misma debe efectuarse en una sola aplicación después del corte o quema de fin de invierno, cuando el cultivo rebrota activamente. El nitrógeno aplicado tiende a concentrar la producción de panojas en la primera época, aunque sin aumentar la producción total de las mismas. Dado que la mayor calidad de semillas se obtiene en la cosecha temprana, este efecto de concentración y adelanto de la producción es muy beneficioso (Coll, 1991), lo que se condice con los resultados obtenidos por Holt y Bashaw (1963) en un experimento realizado en Texas entre los años 1952 y 1954.

- Manejo de la defoliación

Para promover el macollaje, lo que redundará en una mayor producción de semillas se debe realizar una defoliación a fines de invierno para eliminar los restos secos, se puede hacer con una quema a fines de agosto o setiembre cuando la probabilidad de heladas tardías que quemem el rebrote sea baja o mediante corte y picado del forraje dejándolo bien distribuido, lo que dificulta la emergencia de malezas. No es conveniente atrasar el corte más allá de la fecha mencionada, ya que esto implica menor producción de semillas, debido a que las mismas maduran a mayor temperatura y existe mayor riesgo de sequía, a su vez también condiciona una segunda cosecha en otoño (Coll, 1991).

A fines de verano y otoño se debe realizar un pastoreo rotativo, removiendo los ápices reproductivos que ejercen dominancia apical favoreciendo el macollaje para la producción de la siguiente cosecha. Es importante dejar un remanente de 20 a 30 centímetros de altura, para mantener un nivel de reservas alto, además la fotosíntesis continúa a niveles bajos más allá de las heladas y se disminuye el enmalezamiento invernal (Coll, 1991).

2.3.4.3 Métodos de cosecha

Existe literatura que indica que además de la baja producción de semilla, *P. dilatatum* muestra un temprano desprendimiento de ésta, que cae antes de madurar, de esta forma la proporción de semilla cosechada no supera el 50% (Burson et al., 1978). Estos autores mencionan la formación de una capa de abscisión que comienza 6-9 días pre-antesis (anteras amarillas y púrpuras respectivamente), cayendo por su propio peso 15 a 18 días post antesis (anteras amarillas y púrpuras respectivamente). La semilla desprendida tiene un alto poder germinativo si se levanta la dormición según Glison et al. (2011), lo que coincide con Coll (1991) que agrega que el ajuste del momento de cosecha resulta crucial y sugiere varias alternativas incluyendo métodos para aprovechar el desprendimiento natural de la semilla. El ajuste del método de cosecha tiene por lo tanto un alto potencial para incrementar la producción de semilla en estas especies.

- Cosecha en Uruguay

Según Coll (1991) en el cultivar Chirú se obtuvieron rendimientos de hasta 600 kg/ha de semilla limpia con cosechas manuales y 150 kg/ha en cosechas mecanizadas. El método convencional utilizado en nuestro país es el corte con hileradora y trilla mediante cosechadora con recolector, la hileradora permite cortes relativamente altos sólo limitados por las posibilidades del recolector. El corte alto permite una segunda cosecha en menos tiempo, lo que incrementa su calidad, además reduce el tiempo de secado y el volumen de paja a secar. Cuando hay ataque de *C. paspali* (segunda cosecha), y no ha ocurrido lluvia previa que lave la miel, debe trillarse solo en las horas más secas del día para que el azúcar o miel asociado a los esclerotos producidos por el hongo no dificulte la trilla (Coll, 1991).

Éste mismo autor considera que el método de cosecha descrito anteriormente no se adapta plenamente a las características del cultivo, y propone un método de cosechas múltiples no destructivas similar a la descrita en la sección métodos de cosecha de gramíneas tropicales, con dispositivos de cosecha giratorios que golpean las panojas arrojando las semillas desprendidas sobre un depósito. Con este método es posible obtener más semilla debido a

que permite cosechas reiteradas, y también de mejor calidad debido a la mayor proporción de semilla madura y llena.

Coll (1991) describe la cosechadora utilizada en los semilleros fundación, la misma consta de una serie de modificaciones ya que el molinete trabaja a mayor velocidad que lo normal, se cubre la barra de corte con un tablón y se instala una pantalla de arpillera en posición vertical detrás de la plataforma. La máquina es conducida con la plataforma levantada hasta casi la altura de las panojas maduras, el molinete golpea las panojas desprendiendo solamente semilla madura que cae en la plataforma, la pantalla de arpillera impide que la semilla sea lanzada hacia atrás por encima de la plataforma, mientras la tabla que cubre la barra de corte evita que las cuchillas, que permanecen inmóviles, enganchen el forraje. La semilla queda acumulada en la plataforma, ya que los mecanismos posteriores de la cosechadora no trabajan, cuando la plataforma se llena se vuelca la semilla con palas sobre una superficie lisa. La utilización de éste método está restringido a cosechas tempranas, cuando el ataque de *C. paspali* todavía no es importante, al avanzar la estación y hacerse abundante la miel, debe recurrirse al esquema tradicional de cosecha e hilerado descrito anteriormente.

- Alternativas de cosecha en el mundo

Según la bibliografía internacional consultada, hasta mediados de 1930 toda la semilla era cosechada a mano. El método consistía en el corte de los tallos y posterior secado al sol sobre bolsas de arpillera o lonas, resultando en obtención de semilla de baja calidad (Campbell et al., 1999). Posteriormente se obtuvo semilla de mayor calidad mediante la selección manual de la semilla más madura y colecta de la misma realizando posteriormente el secado al sol. Musson, citado por Campbell et al. (1999) ya reportaba que mediante el sacudido manual de las panojas obtuvo semilla de mayor calidad que la disponible en el mercado en ese entonces, lo que se debe a que por el método tradicional de cosecha, secado y posterior trilla, la semilla “más madura” y de mejor calidad se pierde.

A fines de la década del 30 comenzó a utilizarse la cosecha mecanizada, ésta permitió incrementos muy importantes en el rendimiento lográndose obtener entre 500 y 1000 kg/ha de semilla en buenos semilleros. Al final de la década del 50 los productores Australianos comenzaron a utilizar cosechadoras

autopropulsadas, incrementando la cosecha diaria de 5 a 10 toneladas (Campbell et al., 1999). Otro método muy utilizado allí fue la cosecha combinada, de ésta forma se pueden realizar hasta 10 pasadas en una temporada completa. También se utilizó cortar todas las panojas y trillar la semilla madura, reduciendo el número de “pasadas” hasta un máximo de cuatro lo que se asimila mucho a lo reportado por Coll (1991) para nuestro país y descrito anteriormente en este mismo punto. En la década de los 90’ se ha dado la introducción de aspiradoras y escobas como cosechadoras, éste método permite tantas pasadas como el método combinado (Campbell et al., 1999) pero no puede ser utilizado en las condiciones de nuestro país debido a alta humedad que ocurre durante el período de cosecha.

En conclusión el método de cosecha depende de las condiciones del lugar, los recursos del productor, pero sobre todo está particularmente abierto a la creatividad del semillerista.

2.3.4.4 Calidad de semilla

La semilla es variable en calidad, el porcentaje de semilla llena de *P. dilatatum* puede variar de 0 hasta 40 por ciento, dependiendo entre otros factores de las condiciones ambientales y época de cosecha (Johnson y Holt, 1962). Según Benítez (1980) la semilla de mejor calidad es la procedente de Australia alcanzando un 50% de poder germinativo cuando está bien madura, sin embargo Owen (1951) en un experimento realizado en Louisiana, Estados Unidos reportó que algunas semillas nativas tienen mayor calidad que semillas importadas y pueden ser utilizadas en semilleros.

Bennett y Marchbanks (1969) mostraron que para semilla cosechada 14 días luego del pico de floración el 30 % de las panojas había desgranado y que de ésta semilla desgranada el 82 % estaba llena mientras la germinación promedio fue de 41,7 % con un rango de variación de 40 %. Semillas cosechadas 21 días después del pico de floración, el 52 % de las panojas había desgranado y de éstas el 69 % estaban llenas, la germinación promedio fue 62 % con una variación de 37,7 %.; ésta cosecha contenía un 5 % más de incidencia de *Claviceps* que la realizada 14 días post floración. En la tercera cosecha, realizada 28 días post floración el 58 % de las panojas había desgranado y de éstas el 65 % estaban llenas, la incidencia del hongo no

aumentó respecto a la cosecha anterior y la germinación fue de 60 % promedio con una variación similar a la segunda cosecha. En este sentido Bennett (1944) reportó que los embriones de *P. dilatatum* maduran entre 14 y 18 días post polinización y cosechas tempranas mejoran la calidad de semillas.

En el Cuadro 1, se muestra el estándar de calidad de semilla propuesto por Coll (1991) para el cultivar Chirú en nuestro país.

Cuadro 1. Parámetros de calidad de semilla

Pureza	150 semillas llenas/gramo
Germinación	70 %
Índice de calidad	105 semillas viables/gramo
Semillas de malezas	Máximo 1 %
Materia inerte	Máximo 10 %

Fuente: Coll (1991).

2.3.4.5 Manejo post cosecha

La existencia de mecanismos de dormición está bien establecida en *P. dilatatum*, *P. notatum* y *P. plicatulum* (Hodgson 1949, Flenniken y Fulbright 1987, West y Marousky 1989, Schrauf et al. 1995). Los trabajos citados ensayan diferentes tratamientos como la escarificación con ácido sulfúrico, alternancia de temperaturas y remoción de cubiertas.

- Secado de semillas

Bennett y Marchbanks (1969) concluyeron que la temperatura de secado no parece reducir la viabilidad de la semilla, en muchos casos la semilla secada a 60 grados resultó en porcentajes de germinación iguales o mayores que la semilla de la misma cosecha secada a 37,8 °C sugiriendo que la temperatura de secado puede estimular la germinación de *P. dilatatum*. Estos autores también constataron que los valores mínimos de germinación a veces ocurren en un período de secado ubicado entre dos períodos con la máxima

germinación, esto sugiere la existencia de una inducción temporaria de dormición debido al tratamiento de calor.

- Escarificación de semillas

Flenniken y Fulbright (1987) encontraron efecto de la escarificación con ácido sulfúrico, estos efectos no fueron iguales para todas las semillas variando el mismo según el tipo de dormición, edad, condiciones ambientales durante el desarrollo y almacenaje de la semilla y ecotipo. Estos autores concluyen que el escarificado con ácido sulfúrico es un tratamiento potencial para aumentar la germinación de semillas durmientes de *P. plicatulum*. Por otra parte Gamboa y Guerrero (1969) encontraron que la escarificación con ácido sulfúrico separó la lema y la pálea y aumentó la germinación en *P. notatum*, el escarificado también causó cambios bioquímicos en la semilla (McDonald y Khan, 1983). Tischler y Young (1983) concluyeron que el ácido sulfúrico puede destruir o solubilizar los inhibidores de la germinación en la cubierta exterior del cariopse o en la lema y la palea de *Panicum coloratum* aunque este efecto es al menos parcialmente independiente de la escarificación. En Uruguay se ha realizado este tratamiento por varios investigadores, pero no serían de muy fácil aplicación a escala comercial (García, 1971).

- Pretratamiento con frío (*chilling*)

El pretratamiento con frío consiste en colocar la semilla durante 7 días a 4°C en la oscuridad, en germinadores embebidos con solución 0,2% de KNO₃ (Schrauf et al., 1995).

Se han obtenido resultados variables con este tratamiento, dependiendo del genotipo y del tiempo desde la cosecha. Glison et al. (2011) reportan que el tratamiento de imbibición con frío aumentó el porcentaje de germinación en semillas de 4 a 5 meses de edad, pero tuvo efecto negativo en semillas de más de 11 meses debido al incremento de semillas muertas. Estos mismos autores mencionan que cuando se realizó pre imbibición pero sin frío se obtuvieron resultados similares, lo que podría estar indicando que el levantamiento de la dormición no está dado por el frío sino por la imbibición o hasta el anegamiento. Schrauf et al. (1995) realizó un experimento similar al ya mencionado de Glison et al. (2011) obteniendo resultados similares.

2.4 SÍNTESIS REVISIÓN

La familia de las Poáceas es muy amplia y heterogénea, en nuestro país se siembran mayormente las pertenecientes a la sub-familia *Pooideae*, especies invernales de ciclo definido; no siendo prácticamente utilizadas las gramíneas tropicales. Podría ser beneficioso incluir especies de este grupo en los sistemas productivos del país de modo de efectuar un aprovechamiento más eficiente del ambiente cada vez más apropiado para ellas a partir de primavera. El desarrollo de estas especies en el país es posible, lo que se evidencia por la presencia de especies de valor forrajero pertenecientes a *Chloridoideae* y *Panicoideae* en nuestro campo natural.

En este sentido el *P. dilatatum* aparece como una de la especies más promisorias, sin embargo su domesticación no ha sido posible hasta el momento, debido a que al igual que la gran mayoría de las *Paníceae* presenta dificultades en la producción de semillas, dado principalmente por su pobre sincronización y temprano desgrane de la semilla. A nivel internacional existen numerosos trabajos referidos al método y momento de cosecha óptimo en tropicales que deben ser considerados; en Uruguay solamente existen antecedentes sobre las prácticas de manejo y método de cosecha a utilizar en *Paspalum*, quedando sin definir el momento óptimo de cosecha, por tanto este trabajo es la primera aproximación para definir este momento y estudiará el desarrollo fenológico y distribución de la caída de la semilla en la panoja.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en dos localidades, en el período comprendido entre diciembre 2010 hasta mayo 2011. Una ubicada en Facultad de Agronomía (34°50'14.50" S; 56°13'28.36" O), Sayago, Montevideo, y la otra en paraje Pedrera departamento de Canelones, establecimiento El Pedregal (34°38'18.16" S; 55°50'33.22" O) de la empresa Estero S.A.

El experimento consistió en tres parcelas, dos ubicadas en Facultad de Agronomía, una de *P. dilatatum* cv. L.E. Chirú (denominado en este trabajo Chirú Sayago) y otra *P. dilatatum* ssp. *flavescens* (denominado en este trabajo *flavescens*). La restante estaba ubicada en Estero S.A. y era del cultivar L.E. Chirú. Las parcelas ya estaban instaladas al comienzo del experimento, el espaciamiento entre filas es de 50 centímetros en todos los casos, la distribución de las plantas se detalla a continuación.

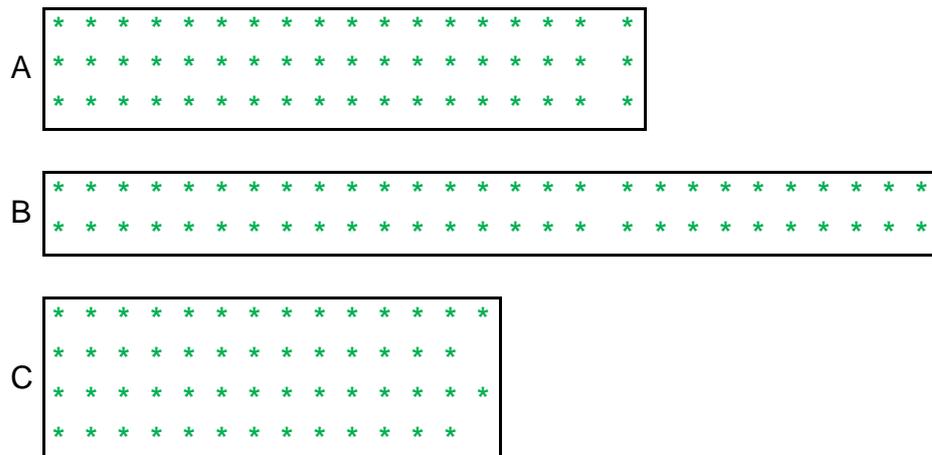


Figura 1. Distribución de las parcelas de *P. dilatatum*: A. cv. L.E. Chirú ubicada en Facultad de Agronomía. B. ssp. *flavescens* ubicada en Facultad de Agronomía. C. cv. L.E. Chirú ubicada en Estero S.A.

Se obtuvieron los registros meteorológicos brindados por la Estación Meteorológica de la Facultad de Agronomía en Sayago. Para la parcela ubicada en Estero S.A. se utilizaron datos provistos por el enólogo Ricardo Sanguinetti, propietario de una estación meteorológica ubicada en Empalme Olmos, Canelones. En ambos casos la temperatura base utilizada para realizar el

cálculo de la acumulación de grados día fue 8°C, según lo mencionado por Lemaire y Agnusdei (2000).

El trabajo de campo se dividió en dos etapas, la primera (experimento 1, desde el 13/12/2010 al 3/02/2011) se llevó a cabo en las dos localidades, mientras que la segunda (experimento 2, desde el 15/03/2011 al 2/05/2011) solamente en Facultad de Agronomía.

3.1 EXPERIMENTO UNO

Se realizaron 3 tandas de marcado de la emergencia de 20 panojas, los días 13, 20 y 27 de diciembre para las tandas 1,2 y 3 respectivamente. Identificando una panoja de cada par con un número y su correspondiente prima a la restante. Los estados fenológicos diferenciados fueron emergencia (la panoja rompe la hoja bandera), panoja completamente emergida, 50% de floración (50% de las espigas con anteras visibles) y 100% de floración (todas las espigas con anteras visibles). Al alcanzar las panojas el 50% de floración se embolsó una panoja de cada par (tratamiento), dejando su similar como control (primas). Una vez realizado el embolsado se monitoreo cada dos días recolectando y cuantificando la semilla caída y registrando la fecha de comienzo del desgrane. Las panojas fueron removidas una vez que se obtuvieron dos medidas consecutivas sin desgrane removiendo también su par no embolsada.

El embolsado se realizó utilizando un dispositivo elaborado especialmente para este trabajo, y el mismo consistió en un soporte de hierro el cual contiene en su extremo superior dos aros a una distancia aproximada de 25 cm entre los cuales se colocó una media elástica. En el interior de ésta se introdujo la panoja y en el aro inferior se insertó el pico de una botella con tapa a modo de embudo en el cual cae la semilla y puede ser fácilmente recolectada, según se observa en la Figura 2. La tapa se perforó con el fin de lograr un buen drenaje del agua de lluvia, pero reteniendo la semilla desgranada. Este método fue tomado de un trabajo realizado por Tomás et al. (2009) en *Panicum coloratum*.



Figura 2. Dispositivo de colecta de semilla caída en plantas de *P. dilatatum*.

Tanto la cantidad de semilla retenida como el número potencial de semillas por panoja fueron contabilizados una vez removida la misma. Este último fue calculado de manera aproximada mediante el conteo del número de espigas y nudos por espiga multiplicado por cuatro, dado que un nudo potencialmente puede formar cuatro semillas a excepción del nudo del ápice superior que puede formar solamente una semilla, según se observa en la Figura 3.

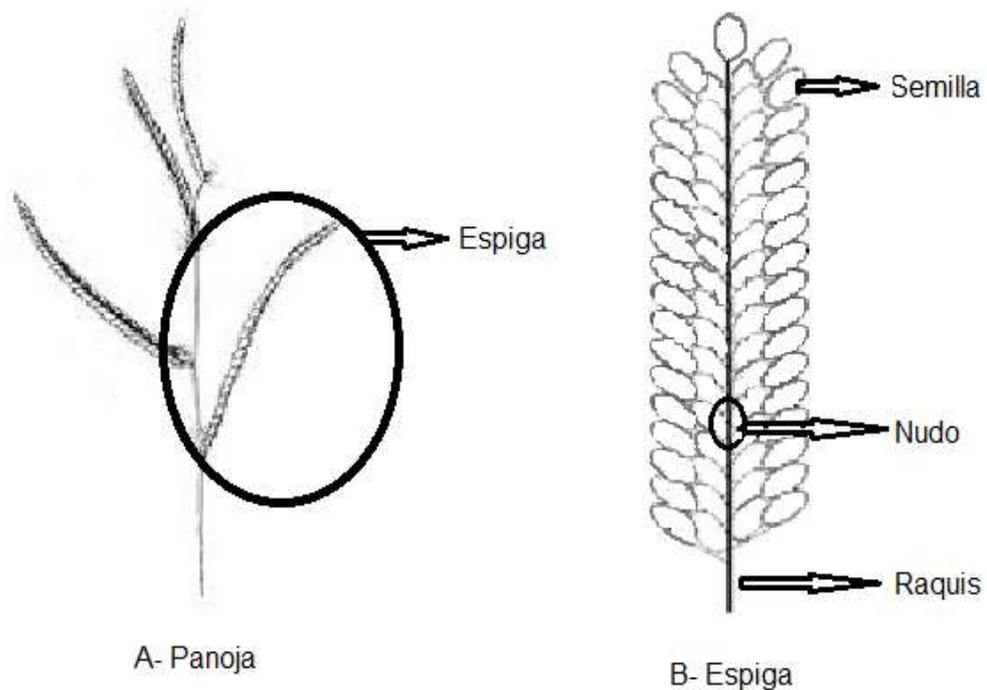


Figura 3. (A) Representación esquemática de una panoja de *P. dilatatum*, donde se detalla la inserción de la espiga; (B) Representación esquemática de una espiga de *P. dilatatum*, donde se detallan la disposición de las espiguillas (unidad de dispersión) por nudo esquema proporcionado por Speranza (2011).

Finalizado el período de cosecha se limpió toda la semilla (retenida y caída), quedando solamente la semilla con cariopse (llena). El método de separación utilizado consistió en un flujo de aire ascendente en un cilindro (blower), el cual pasa por la semilla levantando la más liviana (vacía), quedando las más pesadas (llenas) en la base del cilindro.

La escasa semilla resultante no permitió realizar un análisis de germinación de cada panoja por día de cosecha, por lo tanto, se definió juntar toda la semilla de cada tanda por fecha de colecta, perdiendo de esta forma la individualidad de cada panoja. A estas semillas se les realizó análisis de germinación en cajas plásticas traslúcidas de 10 cm de lado con tapa, sobre

doble papel de germinación. Se colocaron un máximo de 30 semillas por caja en los que había disponibilidad de la misma. En los casos en los que hubo más de 60 semillas se realizaron 2 repeticiones y en los que hubo más de 90 semillas 3 repeticiones. El método de germinación consistió en dejar la semilla en imbibición en solución de agua destilada con 0,5 gramos con Nitrato de potasio (KNO_3) por cada litro de solución durante una semana a temperatura ambiente y sin luz según lo realizado por Glison et al. (2011). Luego de este período fueron trasladados a la cámara de germinación, con un régimen alternado de 16 horas de luz a 35 °C y 8 horas sin luz a 25 °C (ISTA, 2011). Los conteos de germinación se realizaron diariamente durante 2 semanas.

Finalizado este período, la semilla que no germinó fue sometida a un análisis de viabilidad utilizando el método de tinción con tetrazolio. Para el mismo se realizó un corte transversal del embrión de la semilla, la cual se depositó en un recipiente oscuro y se cubrió con tetrazolio. Estos recipientes se dejaron a temperatura ambiente y sin luz durante 24 horas, para luego ser observados bajo lupa binocular. Las semillas se separaron en tres categorías, frescas o viables (aquellas en las cuales se observó tinción del embrión), muertas (en las cuales se observó embrión pero el mismo no estaba teñido) y vanas (sin cariópse). A partir de esto se calculó el porcentaje de germinación como:

$$\frac{\text{semillas germinadas}}{\text{semillas totales - semillas vacías}}$$

y el porcentaje de viabilidad como:

$$\frac{\text{semillas germinadas + semillas viables}}{\text{semillas totales - semillas vacías}}$$

Con el fin de determinar la calidad de la semilla se identificaron tres momentos en la curva de caída obtenida: pre-pico, pico y post-pico, los cuales se definieron según la cantidad de semillas llenas caídas según tanda, quedando definido de esta forma el pico como el momento de máxima de caída, perteneciendo al pre-pico y post-pico toda la semilla recolectada previo y posteriormente al pico respectivamente. Estos momentos se compararon entre sí respecto al porcentaje de germinación y viabilidad con el fin de

determinar cuándo se obtiene la semilla de mejor calidad. Por último se comparó el porcentaje de germinación, viabilidad, el porcentaje de semillas llenas caídas y el peso de mil granos (PMG) por tanda respecto a la retenida en las panojas.

Luego de cortadas las panojas, finalizado el primer experimento, se realizó un corte de todo el ensayo a unos 20 cm. con el objetivo de remover el material seco, eliminar malezas, favorecer el rebrote y eliminar los ápices reproductivos que ejercen dominancia apical favoreciendo el macollaje para la producción de la siguiente cosecha.

3.2 EXPERIMENTO DOS

Se realizaron 2 tandas de marcado de 10 panojas, la primera el día 15 de marzo y la segunda el día 23 de marzo, exclusivamente en los materiales existentes en Facultad de Agronomía. Se realizó un seguimiento diario de la fenología de la planta, diferenciando fecha de emergencia de las panojas y floración. Se asignó un porcentaje de floración a cada panoja, en relación al número de espigas florecidas sobre el número de espigas totales. Se ajustaron dos modelos no lineales (Mitscherlich Spillman) para obtener curvas de emergencia de panojas y floración en función de grados días acumulados, para cada tanda de cada material.

De las 10 panojas de cada material en cada tanda se embolsaron 5 al azar, dejando las otras (marcadas como primas) como control al igual que en el experimento anterior. En esta ocasión el embolsado se realizó más tarde que en la primer actividad (cercano a 100% de floración, pero antes de comenzado el desgrane), con el objetivo de realizar un seguimiento más detallado del desarrollo fenológico. Para las 10 primeras panojas marcadas del material *flavescens* el embolsado se realizó el 24 de marzo, mientras que para Chirú se realizó el 28 de marzo. Al igual que en la cosecha de verano se recolectó la semilla caída cada 2 días. En la segunda tanda el embolsado fue el 31 de marzo en ambos materiales, siguiendo los criterios mencionados con anterioridad.

Debido a que ambos materiales se comportaron de manera diferente el criterio utilizado para dar por finalizado el experimento para el biotipo sexual fue el momento en el cual casi todas las panojas control (primas) habían perdido la

totalidad de la semilla. Mientras que en Chirú se removieron una vez que el desgrane de las embolsadas terminó (dos medidas consecutivas sin recolectar semilla). La semilla colectada en este experimento fue muy escasa por lo que no se realizó ningún análisis con la misma.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El estudio estadístico se obtuvo mediante la utilización del programa estadístico SAS®.

3.3.1 Hipótesis experimento 1

3.3.1.1 Hipótesis 1

No existe diferencia entre el potencial de producción de semillas entre panojas tratadas y control de cada material

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

donde Y_{ijk} es el potencial de producción de semillas de cada panoja, μ es la media general, α_i es el efecto relativo del i -ésimo tratamiento (i = embolsado; no embolsado), β_j es el efecto relativo del j -ésimo material (j = *flavescens*; Chirú facultad; Chirú Estero), γ_k es el efecto relativo de la k -ésima tanda (k = tanda 1; tanda 2; tanda 3) y ε_{ijk} el error experimental asociado.

Para esto se compara el potencial de todas las panojas control y tratadas agrupadas según material, si no existen diferencias se prueba el efecto del embolsado sobre la proporción de semillas retenidas en la panoja (calculado como cantidad de semillas producidas/ cantidad de semillas retenidas) entre control y tratadas.

3.3.1.2 Hipótesis 2

No existe efecto del embolsado sobre el número de semillas retenidas en cada panoja

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \chi_k + \alpha\chi_{ik} + \beta\chi_{jk} + \alpha\beta\chi_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

donde Y_{ijk} es el número de semillas retenida de cada panoja, μ es la media general, α_i es el efecto relativo del i -ésimo tratamiento (i = embolsado; no embolsado), β_j es el efecto relativo del j -ésimo material (j = *flavescens*; Chirú), χ_k es el efecto relativo de la k -ésima tanda (k = tanda 1; tanda 2; tanda 3) y ε_{ijk} el error experimental asociado.

3.3.1.3 Hipótesis 3

Existen diferentes curvas de caída de semilla según tanda de marcado

$$Y_{jk} = \mu + \beta_j + \chi_k + \beta\chi_{jk} + \varepsilon_{jk}$$

donde Y_{jk} son los grados días desde emergencia y desde antesis al pico de caída de semillas, μ es la media general, β_j es el efecto relativo del j -ésimo material (j = *flavescens*; Chirú), χ_k es el efecto relativo de la k -ésima tanda (k = tanda 1; tanda 2; tanda 3) y ε_{ijk} el error experimental asociado.

3.3.1.4 Hipótesis 4

Existen diferencias en la calidad de semilla según el momento de caída de semilla

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \chi_k + \alpha\chi_{ik} + \beta_j + \beta\chi_{jk} + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde Y_{ijk} es el porcentaje de germinación o viabilidad, μ es la media general, α_i es el efecto relativo del i -ésimo momento de caída (i = pre-pico; pico; post-pico), β_j es el efecto relativo del j -ésimo material (j = *flavescens*; Chirú), χ_k

es el efecto relativo de la k-ésima tanda (k= tanda 1; tanda 2; tanda 3) y ϵ_{ijk} el error experimental asociado.

3.3.1.5 Hipótesis 5

Existen diferencias en la calidad de la semilla caída y la retenida dentro de cada material según tanda

$$Y_{ik} = \mu + \chi_k + \alpha_i + \alpha\chi_{ik} + \epsilon_{ik}$$

donde Y_{ik} es el porcentaje de germinación, viabilidad, porcentaje de semillas llenas o peso de mil granos, μ es la media general, α_i es el efecto relativo del i-ésimo tratamiento (i= semilla caída; semilla retenida), χ_k es el efecto relativo de la k-ésima tanda (k= tanda 1; tanda 2; tanda 3) y ϵ_{ik} el error experimental asociado.

3.3.1.6 Hipótesis 6

Existen diferencias en la calidad de la semilla retenida de panojas tratadas y control dentro de cada material

$$Y_{ik} = \mu + \chi_k + \alpha_i + \alpha\chi_{ik} + \epsilon_{ik}$$

donde Y_{ik} es el porcentaje de germinación, viabilidad o porcentaje de semillas llenas, μ es la media general, α_i es el efecto relativo del i-ésimo tratamiento (i= embolsado; no embolsado), χ_k es el efecto relativo de la k-ésima tanda (k= tanda 1; tanda 2; tanda 3) y ϵ_{ik} el error experimental asociado.

3.3.2 Hipótesis experimento 2

3.3.2.1 Hipótesis 7

El siguiente modelo estadístico de regresión, entre grados día emergencia y número de espigas emergidas y entre grados días desde floración y número de espigas florecidas ajusta bien a los datos.

$$Y = \beta_0 (1 - \beta_1 * e^{-\beta_2 X})$$

$$\beta_0, \beta_1, \beta_2 > 0 \text{ y } a \leq x \leq b$$

β_0 = No. máximo de espigas emergidas/florecidas.

β_1 = Coeficiente de producción del factor variable.

β_2 = No. velocidad de crecimiento de la curva.

4. RESULTADOS

4.1 DESARROLLO FENOLÓGICO DE LA PANOJA

Hipótesis 7

Los datos presentados en esta sección fueron recabados en el experimento 2, mientras que los datos de caída de semilla corresponden al experimento 1, por tanto sólo pueden ser utilizados como una aproximación de lo que podría ocurrir.

A continuación se presentan los gráficos de emergencia de espigas según material y por tanda de marcado.

4.1.1 Emergencia de las espigas

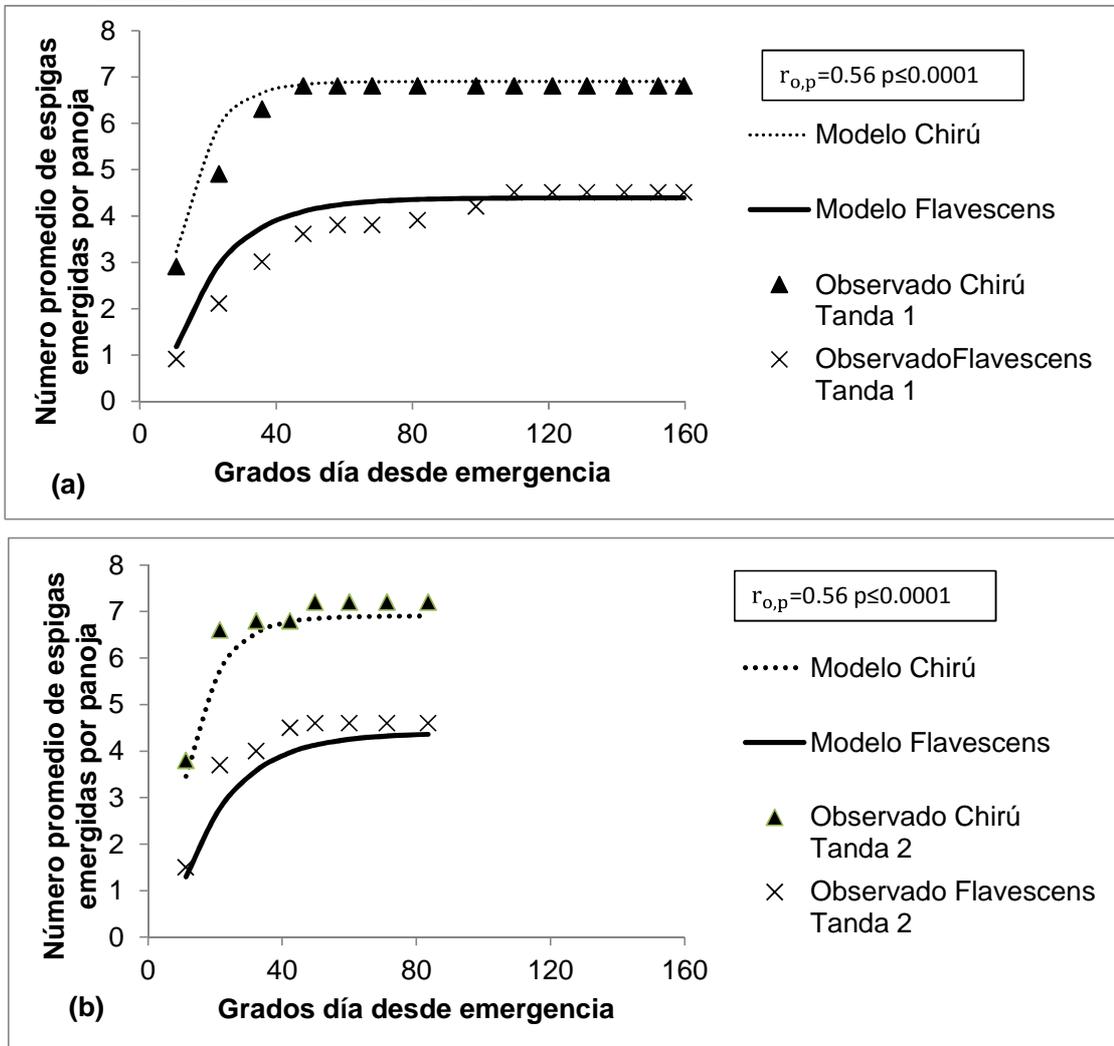


Figura 4. (a) Evolución de la emergencia de las espigas según acumulación de grados día desde emergencia de la panoja, para lo predicho por el modelo y datos observados para la tanda 1 de los materiales Chirú Sayago y *flavescens*. (b) Evolución de la emergencia de las espigas según acumulación de grados día desde emergencia de la panoja, para lo predicho por el modelo y datos observados para la tanda 2 de los materiales Chirú Sayago y *flavescens*.

Como se observa en la Figura 4 (a y b) la evolución en la emergencia de las espigas responde al modelo Mitscherlich Spillman ($Y = \beta_0 (1 - \beta_1 e^{(\beta_2 - GDEm)})$), con sus parámetros β_0 , β_1 y β_2 , y siendo GDEm los grados día desde emergencia de la panoja, tomando 8°C como temperatura base (Lemaire y Agnusdei, 2000). Para el material Chirú se observa una correlación media a alta entre lo observado y lo predicho por el modelo ($r=0.56$), mientras que para el biotipo sexual esta correlación es alta ($r=0.73$). En Chirú se observa una asíntota mayor, $\beta_0 = 6,9039$ que en el caso del material tetraploide, $\beta_0 = 4,3913$ determinando en el primer material un mayor número de espigas por panoja. También se observa diferencia en cuanto a la velocidad de emergencia de las espigas, siendo $\beta_2 = 0,1066$ para el material Chirú, y $\beta_2 = 0,0640$ para *flavescens*. Esto indica una mayor velocidad de emergencia de panojas en el material Chirú.

Si comparamos entre tandas se observa que no hay diferencias en cuanto al potencial de producción de espigas, $\beta_0 = 5,7127$ para la tanda 1 y $\beta_0 = 5,8396$ para la tanda 2 de ambos materiales en promedio. Sí se aprecia diferencia en cuanto a la velocidad de emergencia de las espigas, $\beta_2 = 0,1331$ para la tanda 2 y $\beta_2 = 0,0466$ para tanda 1, por tanto los potenciales de espigas por panoja fueron iguales para ambas tandas, pero la tanda 1 tuvo una mayor velocidad de emergencia de espigas.

4.1.2 Evolución de la floración

A continuación se presentan los gráficos de evolución de la floración de las panojas según material y tanda de marcado.

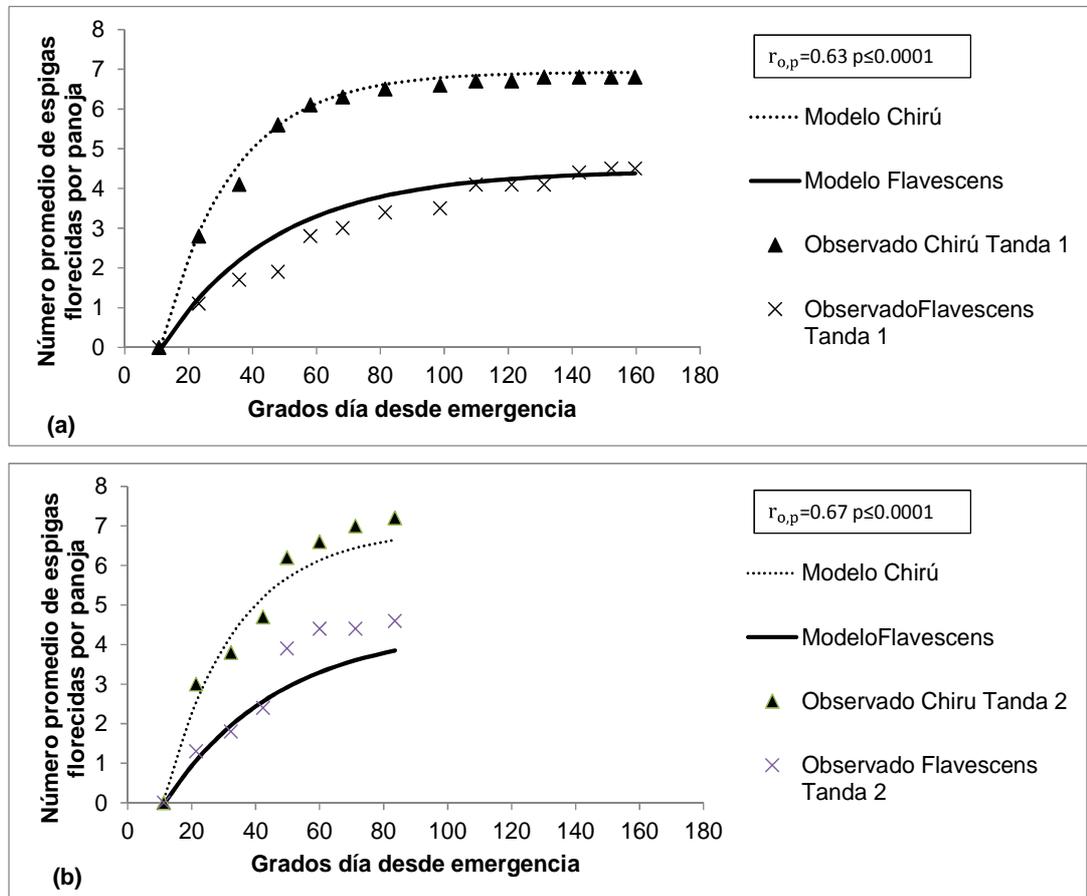


Figura 5. Evolución del número de espigas florecidas según acumulación de grados día desde emergencia de la panoja, para lo predicho por el modelo y datos observados de los materiales Chirú Sayago y *flavescens*. (a) Tanda 1 (b) Tanda 2.

Como se aprecia en la Figura 5 (a y b), la floración de las espigas se ajustó el modelo Mitscherlich Spillman y se observó que en ambos materiales existen correlaciones medias a altas entre lo observado y lo predicho por el modelo, $r = 0.629$ en el material Chirú y $r = 0.673$ en el biotipo sexual, y un $p > 0.0001$.

Se observaron diferencias en cuanto a la acumulación de grados día para alcanzar el 100% de floración, siendo menor la acumulación necesaria en el Chirú $\beta_2 = 0,0441$ que en *flavescens* $\beta_2 = 0,0278$.

Entre tandas de un mismo material observamos que existió diferencia en cuanto a la cantidad de espigas florecidas por panoja, $\beta_0= 5,8099$ en la tanda 1 y $\beta_0= 7,0396$ en la tanda 2 de ambos materiales en promedio. En cuanto a acumulación de grados día necesaria para lograr el 100% de floración no existieron diferencias entre tandas, $\beta_2= 0,0274$ para la tanda 2, y $\beta_2= 0,0275$ para la tanda 1 de ambos materiales en promedio.

4.2 VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE COSECHA DE SEMILLA

Hipótesis 1

4.2.1 Comparación del potencial de producción de semilla de las panojas tratamiento y control

Para verificar que la selección de panojas fue adecuada se comparó el número potencial de semillas de cada panoja y el número de semillas retenidas en éstas para todas las tandas, de esta forma se obtuvo una estimación de la semilla caída en las panojas que no fueron embolsadas para compararlas con sus pares embolsadas, no esperándose diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 2. Comparación del potencial de producción de semilla entre panojas tratadas y control según material vegetal (Chirú Estero, Chirú Sayago y *flavescens*).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Nº potencial de semillas por panoja
ChirúEst Embolsadas	80	664*
ChirúEst Noembolsadas	80	546*
ChirúSay Embolsadas	80	523ns
ChirúSay Noembolsadas	80	531ns
Flavescens Embolsadas	80	339ns
Flavescens Noembolsadas	80	358ns

*Existen diferencias entre embolsado y no embolsado en el material Chirú Estero, $P \leq 0.05$. NS: no significativo.

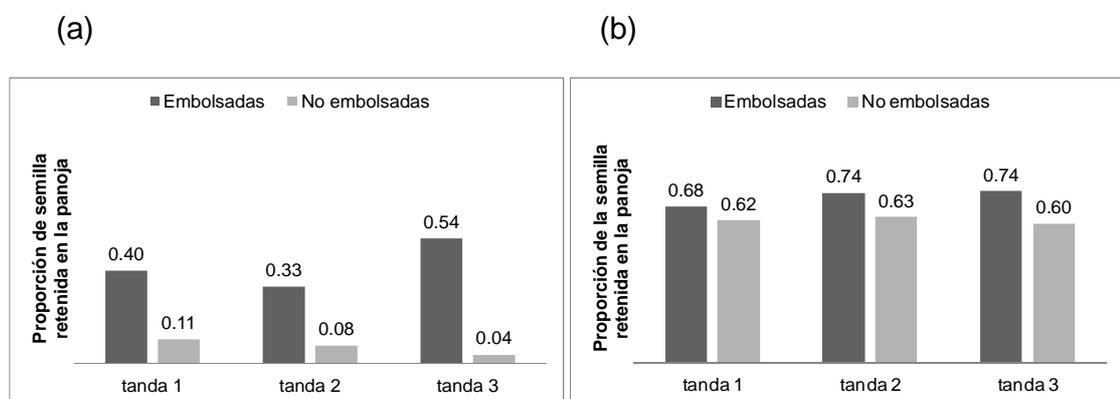
Como se observa en el Cuadro 2 el material Chirú Estero fue el único que presentó diferencias significativas en el potencial de producción de semillas

entre panojas embolsadas (tratamiento) y sus pares no embolsadas (control), con ($p= 0.0008$). Por tanto el control no es igual al tratamiento y no son comparables en ningún parámetro, por ende no será analizado estadísticamente de aquí en más y solo será desarrollado descriptivamente en los anexos. Los materiales Chirú Sayago y *flavescens* no presentaron diferencias significativas para este parámetro, $p=0.8144$ y $p=0.5444$ respectivamente. Por tanto se evaluó el efecto del embolsado en la retención de semilla por panoja en estos materiales.

4.2.2 Comparación de la cantidad de semilla retenida en las panojas tratamiento y control

Se constataron diferencias significativas en la proporción de semillas retenidas entre las panojas embolsadas y sus pares sin embolsar para las tandas 1, 2 y 3 del biotipo sexual (Figura 6a), con $p \leq 0.00001$, 0.0005 y 0.0001 respectivamente. No se encontraron diferencias significativas al 5% en ninguna de las tandas del material Chirú Sayago (Figura 6b)

Hipótesis 2



* Existen diferencias significativas en la retención de semillas para todas las tandas del material *flavescens*, $P \leq 0.00001$. NS: No significativo.

Figura 6. Proporción de semilla retenida en las panojas tratamiento y control (calculado como No. de semillas retenidas por panoja/ No. potencial de semillas por panoja) según tanda para (a) *flavescens*. (b) Chirú Sayago

4.2.3 Parámetros de calidad de la semilla retenida en la panoja

4.2.3.1 Porcentaje de semilla llena retenida en la panoja para el promedio de las tandas.

Cuadro 3. Porcentaje de semillas llenas retenidas según material para panojas tratamiento y control

Material	% de semillas llenas	
	Embolsadas	No embolsadas
Chirú Sayago*	25 a	9 b
Flavescens*	74 a	23 b

Letras diferentes indica diferentes valores de porcentaje de semilla llena para panojas embolsadas y no embolsadas en ambos materiales. $P \leq 0.05$.

En el Cuadro 3 se observa que en el material Chirú Sayago la diferencia en el porcentaje de semillas llenas entre embolsadas y no embolsadas es considerablemente menor que para el biotipo sexual. En ambos casos la proporción de semillas llenas fue mayor en las panojas embolsadas, siendo en ambos casos significativa la diferencia entre los tratamientos.

4.2.3.2 Germinación y viabilidad de la semilla retenida en la panoja

Cuadro 4. Porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla retenida para panojas tratamiento y control según tanda para el material Chirú Sayago.

Fuente de variación	Grados de libertad	Germinación (%)*	Viabilidad (%)*
Embolsadas tanda 1	21	91.83 NS	94.5 NS
No embolsadas tanda 1	21	83.3 NS	83.3 NS
Embolsadas tanda 2	21	94.75 NS	98.7 NS
No embolsadas tanda 2	21	92.92 NS	98.6 NS
Embolsadas tanda 3	21	68.61 NS	97.5 NS
No embolsadas tanda 3	21	55.5 NS	96.3 NS

NS: No significativo $P \leq 0.05$.

En el Cuadro 4 podemos apreciar que no existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) dentro de ninguna de las tandas tanto para la variable

viabilidad, como para la variable germinación. Se observa que existe una gran variación entre la germinación y la viabilidad en la tanda 3, no así en la tanda 1 y 2.

Cuadro 5. Porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla retenida para panojas tratamiento y control según tanda para el material *flavescens*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Germinación (%)*	Viabilidad (%)*
Embolsadas tanda 1	21	97.5 NS	97.5 NS
No embolsadas tanda 1	21	69.64 NS	100 NS
Embolsadas tanda 2	21	66.09 NS	93.1 b
No embolsadas tanda 2	21	62.82 NS	100 a
Embolsadas tanda 3	21	83.15 NS	94.2 NS
No embolsadas tanda 3	21	80 NS	100 NS

*Letras distintas indican diferencia significativa $P=0.05$ para las distintas tandas. NS: No significativo.

No se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el porcentaje de germinación en ninguna de las tandas o tratamientos. En el Cuadro 5, en cuanto a la viabilidad se encontró diferencia significativa $p \leq 0.05$ solamente en la tanda 2 debido al tratamiento.

4.3 CHIRÚ SAYAGO

A continuación se presenta la curva de caída de semilla obtenida según acumulación de grados día desde emergencia, por tanda para el material Chirú Sayago.

4.3.1 Curva de caída de la semilla según acumulación de grados día desde emergencia.

Hipótesis 3

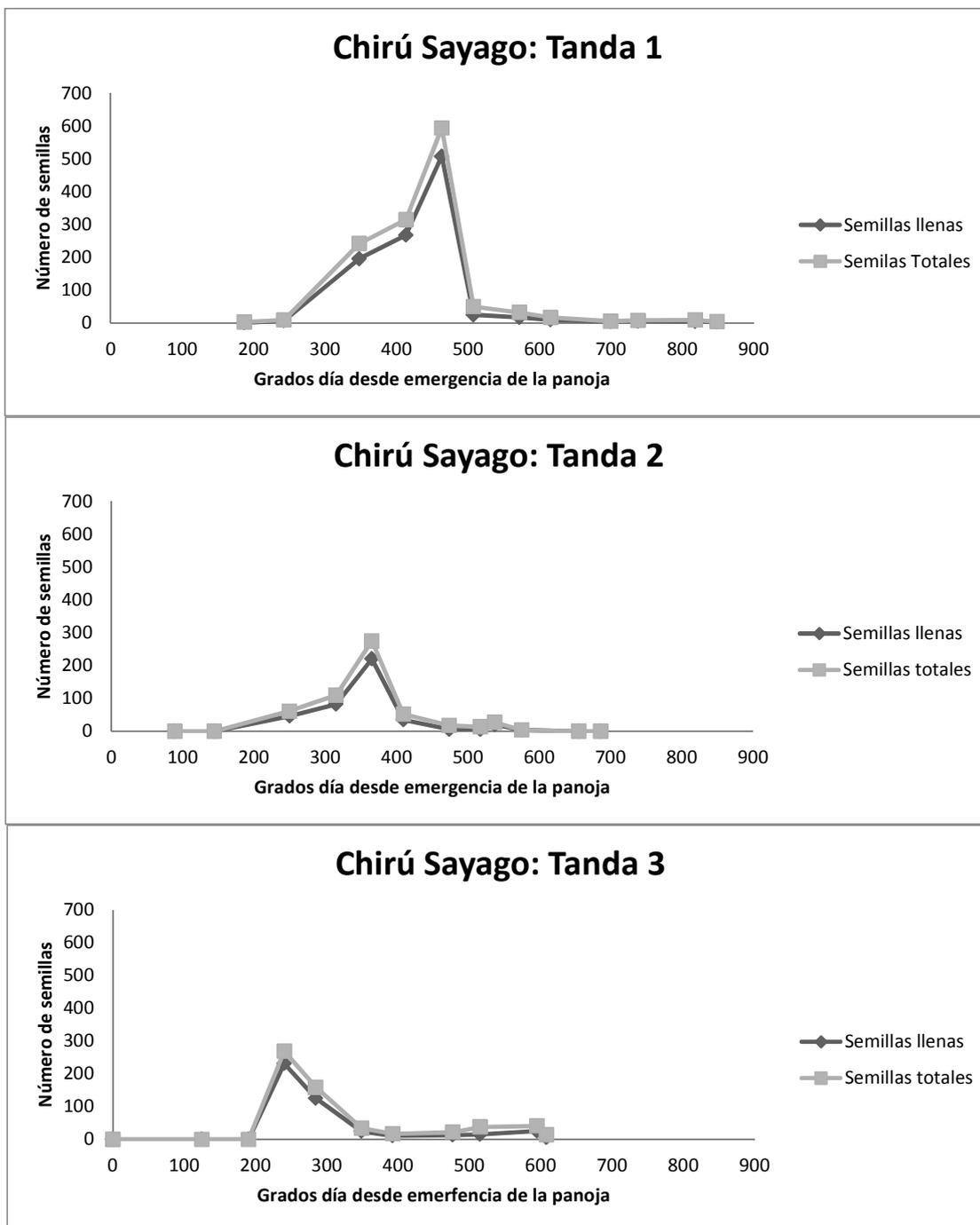


Figura 7. Curva de caída de semilla totales (Llenas + vacías) y Llenas para Chirú Sayago, según grados/día acumulados desde emergencia para. (a) Tanda 1 (b) Tanda 2 (c) Tanda 3.

En la Figura 7 se observa un comportamiento similar para la evolución de la caída de semilla independientemente de la tanda de marcado. Aunque las tandas de marcado de panojas cubrieron un período de 14 días (13 a 27 de enero) todas las tandas presentaron un pico de caída que se concentra el diez de enero. Los grados día en el que este ocurre varían según la tanda de marcado, observándose mayor acumulación de grados día en la primer tanda y menor en la tercera. Luego de manifestarse esta máxima tasa se produce un abrupto descenso en cantidad de semilla caída.

En el cuadro siguiente se muestran los grados día necesarios para la ocurrencia de la máxima caída de semilla, por tanda desde emergencia y antesis.

Cuadro 6. Acumulación de grados día promedio desde emergencia y desde antesis al pico de caída de semilla según tanda para el material Chirú Sayago.

		GD Emergencia*	GD Antesis*
Tanda	1	435.7 a	358.9 a
	2	365.2 ab	330.6 a
	3	270.7 b	189.1 b

*Letras distintas indican diferencia significativa $P \leq 0.05$.

En el Cuadro 6 se aprecia que la acumulación de grados/día desde emergencia al pico de caída de semillas solo fue significativamente diferente entre las tandas 1 y 3, pero éstas no presentaron diferencias significativas respecto a la tanda 2. A su vez se observa que los grados/día acumulados desde antesis al pico de caída son significativamente diferentes para la tanda 3 respecto a las tandas 1 y 2. Existe una correlación alta y significativa entre días desde emergencia y desde antesis en la acumulación de grados día al pico de caída de semillas para Chirú Sayago ($r=0.9271$, $P < 0.0001$)

4.3.1.1 Porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla llena en distintos momentos de la curva de caída

Hipótesis 4

Cuadro 7. Porcentaje de germinación y viabilidad en el pre-pico, pico y post-pico de caída de semilla llena para el conjunto de las tandas del material Chirú Sayago.

	% Germinación*	% Viabilidad*
Pre-Pico	86.12 b	93.6 b
Pico	95.9 a	97.4 a
Post-Pico	87.4 b	90.8 b

*Letras distintas indican diferencia significativa $P \leq 0.05$ dentro de los parámetros germinación y viabilidad o dentro de los diferentes momentos en la curva de caída.

Como se observa en el Cuadro 7 tanto para la germinación como para la viabilidad existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el pico de caída respecto a los otros 2 momentos estudiados para el conjunto de las tandas. Tanto la germinación como la viabilidad en el momento del pico de caída de semilla no fueron diferentes ($P \leq 0.05$) para todas las tandas.

4.3.2 Comparación de los distintos parámetros de calidad de la semilla caída y retenida en el material Chirú Sayago

Hipótesis 5

4.3.2.1 Peso de mil semillas

Otro de los parámetros de calidad cuantificados fue el peso de mil semillas, tanto de las caídas como de las retenidas según tanda de marcado.

Cuadro 8. Peso de mil semillas, caídas y retenidas según tanda para el material Chirú Sayago.

Chirú Sayago	Peso de mil semillas (gms)	
		Semilla caída
Tanda 1*	2,10 a	1,87 b
Tanda 2*	2,18 a	1,60 b
Tanda 3*	2,06 a	1,71 b

*Letras distintas indican diferencia significativa $P=0.005$

A partir de lo presentado en el Cuadro 8 debemos mencionar que para todas las tandas la semilla retenida fue significativamente menor al 5% en peso que la semilla caída. Entre tandas no existieron diferencias ($P \leq 0.05$), en semilla caída ni en retenida.

4.3.2.2 Porcentaje de semillas llenas

A continuación se presentan los valores obtenidos de porcentaje de semillas llenas, tanto para la semilla caída como para la retenida según tanda de marcado.

Cuadro 9. Comparación entre el porcentaje de semillas llenas caídas y retenidas de panojas embolsadas para el material Chirú Sayago

	% semillas llenas	
	Sem. Caída	Sem. Retenida
Tanda 1*	67.9 a	40.1 b
Tanda 2*	69 a	13.9 b
Tanda 3*	66.4 a	21.3 b

*Letras distintas indican diferencia significativa al 5% dentro de cada columna.

Como se observa en el Cuadro 9 el porcentaje de semillas llenas es significativamente mayor en la semilla caída que en la retenida, para todas las tandas.

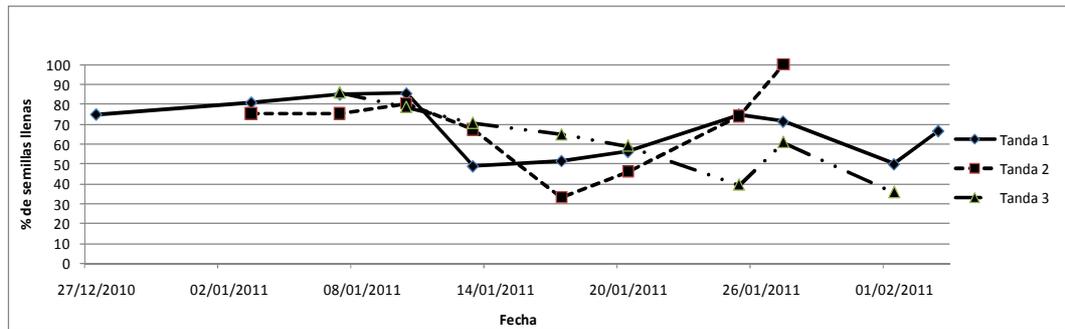


Figura 8. Evolución del porcentaje de semillas llenas caídas en función del tiempo (días calendario) para el material Chirú Sayago según tanda.

En la Figura 8 se observa la evolución del porcentaje de semillas llenas durante el período de cosecha, en el gráfico a se aprecia un comportamiento con valores altos al inicio para todas las tandas (por encima del 70%), sufriendo un leve descenso hasta valores del entorno del 60% (es más pronunciado este descenso en la tanda 2, y menos en la tanda 3). Hacia el final hay un nuevo aumento con valores que se aproximan a los observados al comienzo de las mediciones.

4.3.2.3 Porcentaje de germinación y viabilidad

Cuadro 10. Comparación del porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla caída respecto a la retenida de panojas embolsadas en el material Chirú Sayago

		Germinación (%)*	Viabilidad (%)*
Tanda 1	Sem. Caída	97.7 a	99.43 a
	Sem. Retenida	91.83 a	94.50 a
Tanda 2	Sem. Caída	92.91 a	94.20 a
	Sem. Retenida	94.75 a	98.72 a
Tanda 3	Sem. Caída	95.48 a	96.63 a
	Sem. Retenida	68.61 b	97.5. a

*Letras distintas indican diferencia significativa al $P \leq 0.005$ entre columnas.

En el Cuadro 10 se muestra el porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla caída y retenida para el material Chirú Sayago según tanda de marcado, en todos los casos se obtuvieron porcentajes altos en ambos parámetros, encontrándose diferencias significativas solamente en la germinación entre la semilla caída y la retenida para la tanda 3 ($p= 0.0059$).

4.4 *FLAVESCENS*

4.4.1 Curva de caída de semilla según acumulación de grados día desde emergencia.

A continuación se presenta la curva de caída de semilla obtenida según acumulación de grados día desde emergencia, por tanda para el material *flavescens*.

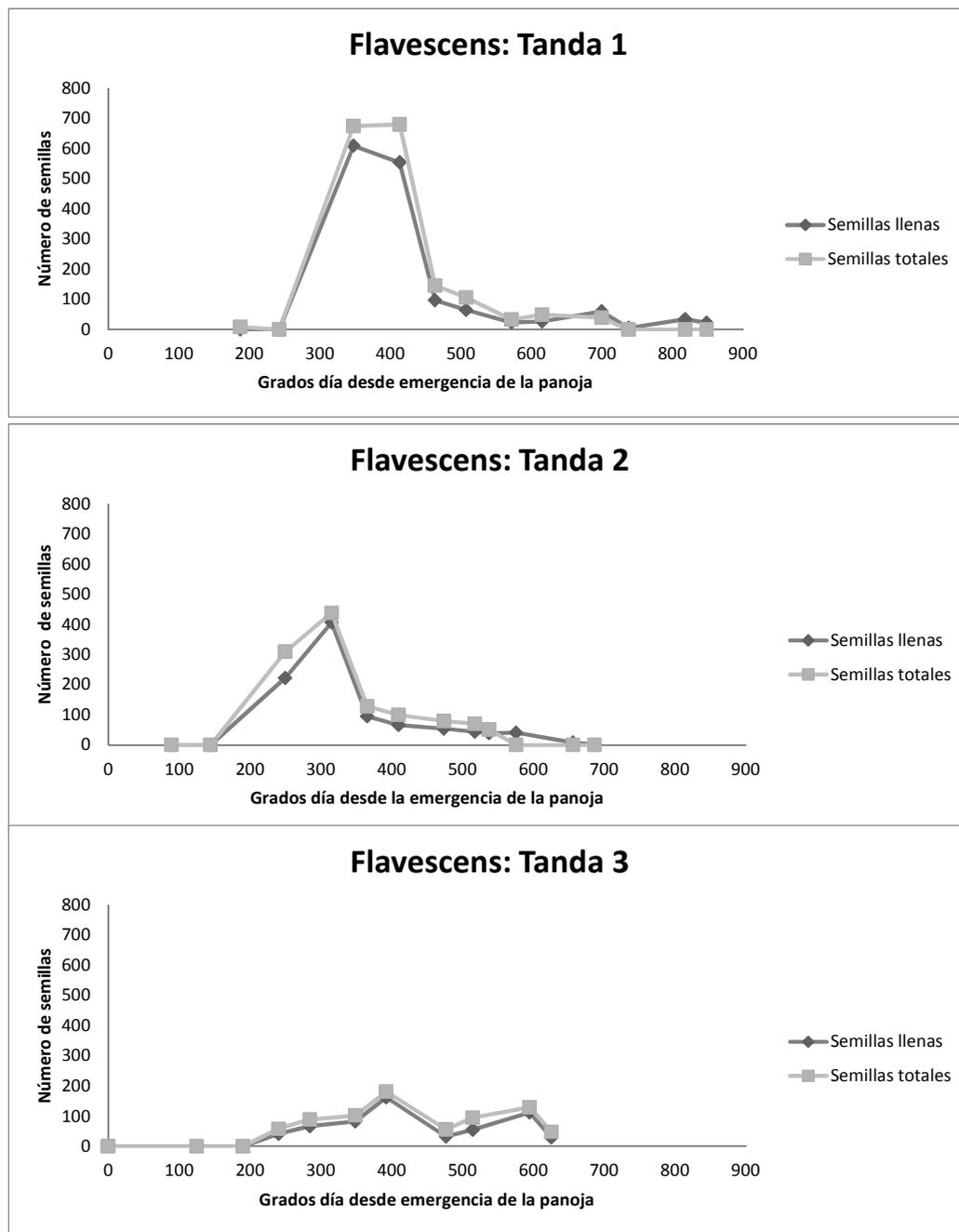


Figura 9. Curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y llenas para *flavescens*, según grados/día acumulados desde emergencia para (a) Tanda 1. (b) Tanda 2. (c) Tanda 3.

Como se observa en las Figuras 9 (a y b) existe un comportamiento similar al material descrito anteriormente, donde la curva de caída de semilla llena sigue la evolución de la caída de semillas totales. Al igual que en Chirú se manifiesta un claro máximo de caída de semilla, aunque el mismo ocurre en distintos momentos para las distintas tandas, siendo mayor el tiempo térmico acumulado al pico de caída en la tanda 1, aunque el pico de caída se da el mismo día en ambas tandas.

Respecto a la tanda 3 Figura 9c se aprecia un comportamiento similar en cuanto a la evolución de la curva de caída de semillas llenas con respecto a las totales. En esta tanda ocurrieron dos picos de caída de semilla, no coincidiendo ninguno de estos con la fecha en que se dio la máxima caída en las tandas 1 y 2.

A continuación se presenta la acumulación de grados días necesaria para la ocurrencia de la máxima caída de semilla según tanda de marcado.

Cuadro 11. Acumulación de grados día promedio desde emergencia o antesis al pico de caída de semilla, según tanda para el material *flavescens*.

		GD Emergencia*	GD Antesis*
Tanda	1	380.5 a	275.58 a
	2	373.82 a	355.51 a
	3	422.5 a	360.46 a

*Letras distintas indican diferencia significativa al $P \leq 0.05$ entre columnas.

En el Cuadro 11 observamos que no existen diferencias significativas entre tandas en la acumulación de grados día desde emergencia al pico de caída. A su vez observamos diferencias en la acumulación de grados día desde antesis al pico de caída entre las distintas tandas. Existe una correlación alta y significativa entre la acumulación de grados día desde emergencia al pico con la acumulación de grados día de antesis al pico de caída de semillas para el biotipo sexual ($r=0.8987$, $p < 0.0001$).

4.4.1.1 Porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla llena en distintos momento de la curva de caída

Cuadro 12. Porcentaje de germinación y viabilidad en el pre-pico, pico y post-pico de caída de semilla llena para las distintas tandas del *flavescens*.

	% Germinación*	% Viabilidad*
Pre-Pico	82.15 b	92.75 b
Pico	93.78 a	98.24 a
Post-Pico	86.57 b	90.11 b

*Letras distintas indican diferencia significativa al $P \leq 0.05$ entre columnas.

En el Cuadro 12 se observa que tanto la germinación como la viabilidad son significativamente mayores ($P \leq 0.05$) en el momento del pico de caída de semilla que en los otros 2 momentos diferenciados para el conjunto de las tandas. No se encontraron diferencias entre tandas para ninguno de los valores de germinación ni viabilidad.

4.4.2 Comparación de los distintos parámetros de calidad de la semilla caída y retenida en el material *flavescens*

4.4.2.1 Peso mil semillas

Otro de los parámetros de calidad cuantificados fue el peso de mil semillas, tanto de las caídas como de las retenidas según tanda de marcado.

Cuadro 13. Peso de mil semillas caídas y retenidas según tanda para el material *flavescens*.

<i>flavescens</i>	Peso de mil semillas (gms)	
	Semilla caída	Semilla retenida
Tanda 1*	2,57 a	2,25 b
Tanda 2*	2,34 a	2,21 a
Tanda 3*	2,20 a	2,30 a

*Letras distintas indican diferencia significativa $P \leq 0.05$ dentro de cada fila.

Según lo presentado en el Cuadro 13 debemos mencionar que solamente existieron diferencias significativas al 5% para la tanda 1, no existiendo las mismas en las tandas 2 y 3.

4.4.2.2 Porcentaje de semillas llenas

A continuación se presenta el porcentaje de semillas llenas como otro parámetro de calidad, tanto en la semilla caída como en la retenida, según tanda de marcado.

Cuadro 14. Comparación del porcentaje de semillas llenas entre caídas y retenidas de panojas embolsadas según tanda para el material *flavescens*.

	% Semillas llenas	
	Sem. Caída	Sem. Retenida
Tanda 1	67.5 NS	74.4 NS
Tanda 2	61.1 NS	74.8 NS
Tanda 3	72.1 NS	78.2 NS

NS: No significativo al $P \leq 0.05$

Como se observa en el

Cuadro 14 el porcentaje de semillas llenas es mayor en la semilla retenida para todas las tandas. No se encontraron diferencias entre tandas.

Con en el objetivo de conocer la evolución del porcentaje de semilla llena durante el período de cosecha a continuación se presenta el siguiente gráfico.

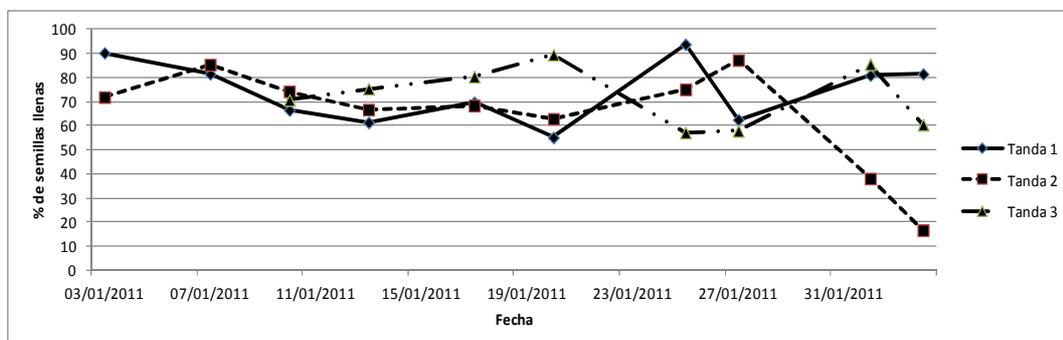


Figura 10. Evolución del porcentaje de semillas llenas caídas en función del tiempo (días calendario) para el material *flavescens* según tanda.

En la Figura 10 se observan pocas variaciones en el porcentaje de semillas llenas. Aunque las tres tandas tienen un comportamiento similar puede destacarse un abrupto descenso en la tanda 2 hacia el final del período.

4.4.2.3 Porcentaje de germinación y viabilidad

En el cuadro siguiente se pueden observar los porcentajes de germinación y viabilidad de la semilla caída y la retenida en la panoja según tanda de marcado. En todos los casos los valores obtenidos son altos, obteniéndose de esta forma semilla con alto poder germinativo.

Cuadro 15. Comparación del porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla caída respecto a la retenida de panojas embolsadas en el material *flavescens*.

		Germinación (%)*	Viabilidad (%)*
Tanda 1	Sem. Caída	93.35 NS	98.78 NS
	Sem. Retenida	97.53 NS	97.53 NS
Tanda 2	Sem. Caída	100 NS	100 a
	Sem. Retenida	66.09 NS	93.1 b
Tanda 3	Sem. Caída	91.09 NS	96.82 NS
	Sem. Retenida	83.15 NS	94.2 NS

*Letras distintas indican diferencia significativa $P \leq 0.05$. NS: No significativo al $P=0.05$.

En el Cuadro 15 se observa que no existieron diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre la semilla caída y la retenida para ninguna de las tandas, mientras que para la viabilidad existieron diferencias significativas al 5% solamente para la tanda 2. En ninguno de los dos parámetros medidos existieron diferencias significativas $P \leq 0.05$ entre tandas.

5. DISCUSION

5.1 DESARROLLO FENOLÓGICO DE LA PANOJA

Los datos presentados en esta sección fueron recabados en el experimento 2, donde se realizaron dos tandas de marcado, y en el cual no se obtuvo cantidad de semilla suficiente para realizar ninguna evaluación de la calidad de las mismas. El objetivo de realizar el seguimiento fenológico de las panojas era lograr construir una escala fenológica con características fácilmente visualizables; este objetivo no pudo ser cumplido debido a que las distintas etapas fisiológicas se dan a la misma vez dentro de una planta, o inclusive dentro de una panoja. A modo de ejemplo puede mencionarse que panojas que estaban comenzando a emerger ya estaban florecidas o mas aún, panojas que no habían comenzado a emerger estaban florecidas. Esto imposibilitó construir una escala fenológica adecuada como la existente en otras tropicales, como Sorgo.

En este sentido puede remarcarse que diversos autores, como García (1971), han mencionado que el *P. dilatatum* es una especie indeterminada, es decir que aunque esté en etapa reproductiva sigue produciendo tallos, de modo que las fases vegetativa y reproductiva ocurren al mismo tiempo.

Si pudo observarse que independientemente de la tanda de marcado el material Chirú Sayago presentó mayor número promedio de espigas por panoja ($\beta_0 = 6,9$) que el biotipo tetraploide ($\beta_0 = 4,3$). Además Chirú Sayago presentó una mayor tasa de emergencia de espigas por panoja ($\beta_2 = 0,10$), por ende necesitó una menor acumulación de grados día para alcanzar el completo desarrollo de la panoja al compararlo con el material tetraploide ($\beta_2 = 0,06$). En ambos materiales y para las dos tandas, todas las espigas de todas las panojas florecieron, sin embargo la tasa de floración fue mayor en el material Chirú Sayago ($\beta_2 = 0,0441$) que en el biotipo sexual ($\beta_2 = 0,0278$).

En ambos materiales se observó que los tallos más tardíos (tanda 2) necesitaron menor acumulación de grados día para lograr un mismo número de espigas promedio por panoja, lo que determina que los últimos tallos tuvieran una mayor tasa de desarrollo (mayor β_2 en la tanda 2). Esto podría deberse a que los macollos marcados en la segunda tanda fueron más chicos que los de

la primera, lo que implica vainas más cortas, por tanto la panoja emerge completamente antes que en la primer tanda. No se observaron diferencias en cuanto a la acumulación de temperatura necesaria para alcanzar el 100% de floración entre tandas.

Debido a la alta correlación obtenida entre los grados día acumulados tanto desde emergencia como desde anthesis al pico de floración es prácticamente lo mismo inferir desde cualquiera de estos dos momentos, debido a la facilidad de determinación a campo sería mas conveniente utilizar el indicador grados día desde emergencia. De todas formas debe considerarse que para el material Chirú ninguno de los parámetros estudiados fue un buen indicador del máximo desgrane y que para el material *flavescens*, donde si fueron ambos indicadores buenos estimadores existe un efecto del embolsado muy importante.

5.2 VALIDACION DEL METODO DE COSECHA DE SEMILLA

El método de recolección de la semilla caída utilizado en este trabajo fue tomado de un experimento realizado por Tomás et al. (2009) en *Panicum coloratum*, el cual no consideró un posible efecto del embolsado sobre el comportamiento natural de las panojas. Para determinar la existencia o no de dicho efecto se compararon las panojas tratamiento y control respecto a la retención de semillas en la panoja y la calidad de la misma. Con el objetivo de realizar esta comparación y tener la certeza de que no se adjudican efectos provenientes de otras prácticas al embolsado, se realizó una estimación del potencial de producción de semillas por panoja, considerando para este fin únicamente aquellas situaciones en las que dicho valor no difirió entre tratamiento y control.

Se obtuvo que para el material Chirú no existió efecto importante del embolsado sobre la retención o parámetros de calidad tales como la retención de semillas, germinación o viabilidad, pero si hubo efectos sobre el porcentaje de semillas llenas. Mientras que para el material *flavescens* si hubo un efecto considerable sobre la retención de semillas, aunque no sobre los parámetros de calidad medidos.

5.2.1 Potencial de producción de semillas tratamiento y control

En el material Chirú Estero existieron diferencias significativas en el número potencial de semillas entre panojas control y tratamiento, posiblemente debido a un error en el marcado. En las panojas tratamiento por facilidad de embolsado se marcaron aquellos tallos más grandes y erectos, los que probablemente fuesen tallos primarios, mientras que en las control al no ser embolsadas no se consideraron las características mencionadas, probablemente incluyendo en este grupo también tallos secundarios. Por tal motivo los datos obtenidos en esta localidad se reportan como apéndice pero no fueron analizados.

En los materiales Chirú Sayago y *flavescens* no se encontraron diferencias significativas en los potenciales de producción entre panojas control y tratamiento. Por tanto a continuación se analizará la existencia o no de efecto del embolsado sobre los mismos.

5.2.2 Retención de semillas en panojas tratamiento y control

Al no encontrarse para ninguna de las tandas del material Chirú ubicadas en Sayago diferencias significativas en la retención de semillas entre las panojas tratamiento y control puede decirse que el embolsado no afectó dicho parámetro, lo que nos muestra que la proporción de semilla caída refleja el normal comportamiento a campo del material.

En contrapartida en el material *flavescens* se observaron diferencias en la retención de semillas entre las panojas tratamiento y control para todas las tandas. Esto significa que existe efecto del embolsado sobre el comportamiento de caída de semillas para este material, la diferencia de retención en las panojas embolsadas respecto a las control 29, 25 y 50% para las tandas 1, 2 y 3 respectivamente. Al cotejar datos de la velocidad del viento con la caída de semillas observamos que el pico de caída en *flavescens* ocurre luego de un viento intenso, mientras que en Chirú Sayago no se observa relación alguna con este fenómeno. Este comportamiento probablemente esté determinado por la mayor pilosidad de la semilla del *flavescens*, lo que hace que aunque el eje de abscisión ya se formó la semilla no cae sino hasta que ocurre algún estímulo físico de suficiente magnitud que provocan el desgrane.

Al embolsar la panoja, se establece una barrera física al viento, lo que probablemente determine la mayor retención. A nivel productivo el material *flavescens* abre una ventana de cosecha mayor que Chirú dado que la semilla que está dispuesta a desgranar necesita un fenómeno climático para caer, mientras que en el material Chirú una vez formado el eje de abscisión la semilla desgrana; esto se condice con lo mencionado por Glison²⁴ quien realizando cosechas manuales diarias en invernáculo observó que la semilla del material *flavescens* permanece mas tiempo retenida en la panoja una vez alcanzada la madurez.

5.2.3 Parámetros de calidad de la semilla retenida en las panojas control y tratamiento

5.2.3.1 Porcentaje de semilla llena

En el material *flavescens* se observa claramente el efecto anteriormente mencionado del embolsado sobre la caída, dado que en aquellas panojas que no fueron embolsadas el porcentaje de semillas llenas fue menor que en las embolsadas, 23 y 74 % respectivamente. Esto nos muestra que semilla que en condiciones de campo hubiese caído, por el embolsado no lo hizo.

En el material Chirú Sayago también se observa una diferencia en el porcentaje de semilla llena retenida en la panoja tratada respecto a la control, 25% y 9% respectivamente, lo que podría estar explicado también por alguna pequeña interacción con el viento, dado que en las panojas no embolsadas la semilla llena prácticamente desgranó en su totalidad, mientras que en las embolsadas y probablemente por el menor viento y movimiento de la panoja algo de esta semilla quedó retenida. Esto no hace sino reafirmar lo dicho anteriormente, en el material *flavescens* la semilla necesita de un efecto externo (probablemente el viento) para desgranar, mientras que en Chirú cuando se da la formación de el eje de abscisión la semilla llena cae.

⁴ Glison, N. 2011. Com. personal.

5.2.3.2 Germinación y viabilidad de la semilla llena

El porcentaje de germinación de la semilla llena retenida no difirió significativamente entre panojas tratamiento y control en ninguno de los materiales ni tandas, lo que determina que el embolsado no afectó este parámetro de manera significativa.

En el porcentaje de viabilidad de la semilla llena retenida solamente existieron diferencias en la tanda 2 del biotopo sexual, aunque de todas formas la viabilidad es muy alta en esta tanda, 93.1% para panojas tratadas y 100% para panojas control, por lo que este parámetro tampoco estaría afectado mayormente por el embolsado.

5.3 CHIRÚ

5.3.1 Curva de caída de semilla

En este trabajo logramos identificar tres factores que determinan la curva de caída de semilla, estos son el porcentaje de semillas llenas, efectos ambientales como el viento y el ataque de *C. paspali*. Lo que coincide con lo reportado por Burson et al. (1978) quienes identifican la formación de un eje de abscisión como el causante del desgrane de la semilla, luego de la formación de dicho eje la semilla llena cae por la acción conjunta del peso de las semillas y probablemente el viento. Por su parte Coll (1991) menciona que la miel asociada a los esclerocios producidos por *C. paspali* dificulta la trilla por el pegoteo de la semilla. Según apreciación visual el *C. paspali* afectó de igual a manera a las tres tandas, por lo tanto el factor determinante de la caída en este material es el porcentaje de semilla llena.

En este material el porcentaje de semilla caída total fue del 28, 13 y 12 % para las tandas 1, 2 y 3 respectivamente, la distribución de la caída de dicha semilla tuvo un comportamiento similar en las tres tandas mencionadas; siendo esperable que el desgrane de la semilla llena comience una vez alcanzados los 240 grados día aproximadamente desde la emergencia de la panoja, o tomando como referencia la antesis sería de esperar que la caída de semilla comience aproximadamente a los 130 grados día, podríamos utilizar tanto la acumulación

de grados día desde emergencia como desde antesis de la panoja como indicador del momento de máximo desgrane ya que presentan alta correlación entre ambos ($r=0,93$).

En días calendario para todas las tandas el desgrane comenzó 14 días post emergencia de la panoja, lo que se condice con lo expuesto en la sección validación del método, donde se recalca que la semilla en este material cae sin mayor influencia de los efectos ambientales. Al analizar el tiempo transcurrido entre la antesis y el comienzo de caída de semilla para las tres tandas, el mismo osciló entre los 10 a 12 días, lo que no coincide con lo expuesto por Burson et al. (1978) que mencionaron que la abscisión se dió 18 días post antesis, en un experimento realizado en Texas, Estados Unidos. Por su parte Bennett y Marchbanks (1969) mostraron que para cosechas realizadas 14, 21 y 28 días luego del pico de floración el 30, 52 y 58 % de las panojas había desgranado respectivamente, lo que coincide con lo obtenido en este trabajo. Estos autores también agregan que al realizar cosechas manuales en panojas de *P.dilatatum* las semillas llenas maduras fueron fácilmente removidas, mientras que las vacías tienden a quedar retenidas en la panoja. Sin embargo Burson et al. (1978) asumen que la semilla se desprende antes de madurar, por lo tanto una cosecha temprana de semilla inmadura no afectaría la viabilidad de la semilla, ya que ésta continúa su maduración una vez desprendida de la planta.

En todas las tandas ocurre un pico de caída bien definido, aunque el mismo difiere tanto en número de semillas caídas como en el momento. La cantidad de semillas caídas es mayor en la primer tanda respecto a las 2 siguientes, por su parte el momento en que ocurre el pico de caída es entre el 8 y el 10 de enero en las tres tandas, lo que implica una menor acumulación de temperatura para las tandas de marcado más tardío. Esto podría deberse a que en las tandas 2 y 3 la formación de cariopses se vio afectada antes que en la tanda 1, si esto no hubiese ocurrido el comportamiento de esperar es similar al de la primer tanda, alcanzando una mayor cantidad de semilla caída y acumulación de grados día al pico de caída, similar a la ocurrida en la tanda 1.

5.3.1.1 Porcentaje de germinación y viabilidad en distintos momentos de la curva de caída de semilla llena

Si a la caída de semilla anteriormente descrita añadimos que tanto la germinación (96 % en el pico respecto 86 y 87% en el pre y post pico respectivamente) como la viabilidad (97% en el pico, respecto a 93 y 91 % en el pre y post pico respectivamente) son significativamente superiores en el momento de máximo desgrane, nos enfrentamos a que no solamente estamos perdiendo cantidad de semilla, sino que estamos perdiendo también la de mejor calidad, lo que concuerda con lo dicho por Coll (1991), quien a su vez agrega que el ajuste de momento de cosecha resulta crucial en la producción de semillas de esta especie. La semilla caída previo al pico no se diferencia significativamente de la caída después del mismo, lo que implica que cosechando antes o después de este no se obtendrían diferencias en cuanto a calidad de semilla, pero con una cosecha temprana estaríamos anticipándonos al pico, cosechando más semilla, alcanzando así un mayor rendimiento. Esta práctica traería implícita un aumento en el porcentaje de semilla inmadura cosechada, lo que podría solucionarse con un buen manejo post cosecha.

5.3.2 Parámetros de calidad de la semilla llena caída y retenida

Los parámetros de calidad obtenidos en este trabajo indican que es posible obtener semilla de buena calidad en esta especie, dado que la semilla llena es viable prácticamente en su totalidad lo que se contrapone a lo expresado por García (1971), Benítez (1980) que indicaron que el bajo porcentaje de semillas llenas asociado a un bajo porcentaje de germinación resulta en una muy pobre proporción de semillas viables. A su vez Holt y Bashaw (1963) expresan que la limitante para su uso extensivo es la producción de semilla de muy baja calidad, también asociado a un alto porcentaje de semilla vacía. Owen (1951) reportó que la semilla de mayor calidad es la proveniente de Australia, según lo observado en éste trabajo es posible obtener semilla doméstica de excelente calidad, que podría ser utilizada en semilleros comerciales.

5.3.2.1 Peso de mil semillas

El peso de mil semillas fue mayor para todas las tandas en la semilla caída que en la retenida, esto concuerda con lo mencionado por Burson et al. (1978) que estudiando la formación del eje de abscisión concluyeron que las semillas que contenían cariopse fueron las primeras en desgranar, debido a su mayor peso ya que al darse la ruptura del eje de abscisión las mismas quedan retenidas solamente por la epidermis.

5.3.2.2 Porcentaje de semillas llenas

La proporción de semillas llenas es mayor en la caída que en la que permaneció retenida en la panoja, lo que indica que gran parte de la semilla que desgrana es importante cosecharla. Dado que el porcentaje de semillas caídas es mucho menor al de retenidas, la cantidad de semilla llena que queda en la panoja es mayor a la que desgrana, en promedio el 60% de la semilla llena queda retenida mientras que el 40% restante cae, de todas formas esto no quita trascendencia a la identificación del pico de caída ya que la semilla que queda retenida en la panoja genera problemas en el procesamiento por la incidencia de *C. paspali*. A modo de ejemplo en la tanda 2 de este material de las 4220 semillas producidas, desgranaron 550, de las cuales el 69% está llena resultando en 380 semillas llenas caídas. En cambio en la semilla retenida solamente el 14% corresponde a semilla llena, quedando por tanto 513 semillas llenas retenidas en la panoja, siendo el principal problema de esta semilla la infección con *C. paspali*. En esta tanda del total de semillas producidas, solamente un 21% de la misma estaba llena, lo que hace indispensable cosechar toda esta semilla para lograr rendimientos aceptables.

En promedio el porcentaje de semillas llenas en las caídas es de 68%, 69% y 66 % para las tandas 1, 2 y 3 respectivamente, con una variación comprendida entre 40 y 80 % en todas las tandas. Estos valores son considerablemente mayores a los obtenidos por Novosad (1954) que observó una variación comprendida entre 6.1 y 48% dentro de una misma estación de crecimiento en condiciones de campo. En el pico de caída de semilla se da el mayor porcentaje de llenas, lo que se condice con lo expuesto hasta aquí, que la semilla de este material cae mayormente por su propio peso.

Observando la fluctuación estacional a medida que avanza la estación se aprecia un descenso en el porcentaje de semillas llenas, lo que coincide con lo señalado por Burton (1942) quien a su vez sugiere que la temperatura, nubosidad y lluvia pueden ser en parte responsables del descenso estacional observado. En este sentido Bennett y Marchbanks (1969) cosechando semilla en distintas fechas, encontraron que cuanto más se alejaron del pico de floración menor fue la proporción de semillas llenas obtenidas.

Para éste parámetro Novosad (1954) encontró una correlación negativa entre el porcentaje de semilla llena y la temperatura máxima en floración, y una relación positiva con la humedad relativa mínima en la misma etapa. En el presente trabajo la temperatura máxima promedio fue en aumento a medida que avanzó la estación, lo que provocó condiciones de desarrollo menos favorables para las semillas formadas más tardíamente, por su parte la humedad resultó muy variable en dicho período.

5.3.2.3 Germinación y viabilidad

Los valores de germinación y viabilidad obtenidos en este trabajo son altos en todos los casos, probablemente debido al pre-tratamiento de imbibición a temperatura ambiente realizado a la semilla, siendo esto coincidente a lo realizado por Pezzani ⁵ quien al cambiar el pre-tratamiento con frío a 5°C por temperatura ambiente obtuvo mayores porcentajes de germinación. Sin embargo Johnson y Holt (1962) menciona que la semilla de esta especie es baja en viabilidad, dependiendo de factores como las condiciones ambientales y época de cosecha.

En todas las tandas el porcentaje de viabilidad es mayor que el porcentaje de germinación, lo que indica la existencia de semilla con dormición; lo que concuerda con lo mencionado por Coll (1991) quien a su vez agrega que la misma es superada por el aumento de la edad de la semilla; Glison et al. (2011) agregan que la semilla desprendida tiene un alto poder germinativo si se levanta la dormición, sin embargo en éste experimento los resultados indican que la semilla llena retenida tiene la misma viabilidad que la caída, y la misma germinación a excepción de la tanda 3, la cual por ser la tanda más tardía tuvo menor tiempo de almacenamiento y pudo haber presentado mayor dormición.

⁵ Pezzani, F. 2011. Manejo de semillas (sin publicar).

5.4 *FLAVESCENS*

5.4.1 Curva de caída de semilla

En este material y a diferencia de Chirú podemos identificar dos factores que determinan la curva de caída de semilla, estos son el porcentaje de semillas llenas y el efecto del embolsado atribuido al viento como factor ambiental más determinante, lo que se discutió en la sección 5.2 (validación del método).

Como se mencionó, el embolsado de la panoja afectó el normal comportamiento de la caída de semilla, por lo que los datos presentados seguramente difieran de lo que ocurriría en condiciones de campo. Las curvas de caída difieren en cuanto al número de semillas, siendo éste el mayor para la tanda 1 y el menor para la tanda 3. Posiblemente esto se debe a la existencia de una interacción diferencial del embolsado según tanda, donde la retención de semilla es mayor para la tanda 3, además la tanda 1 fue la que tuvo el mayor potencial de producción de semillas.

En días calendario para la primer tanda el máximo desgrane se dio 14 días post antesis, mientras que para las tandas 2 y 3 ocurrió 16 y 20 días post antesis respectivamente; lo que solamente coincide con lo expuesto por Burson et al. (1978) para la tanda 1 y 2, que mencionaron que la abscisión se dio 15 días post antesis, en un experimento realizado en Texas, Estados Unidos. El mayor tiempo transcurrido entre la antesis y el máximo desgrane en días calendario fue para la tanda 3, lo que podría deberse a el mayor efecto del embolsado sobre esta tanda. Si analizamos los grados día acumulados desde la emergencia o antesis hasta el pico de caída no encontramos diferencias entre ninguna de las tandas, por lo que podríamos decir que este parámetro es un buen indicador de caída de semilla en estas condiciones, y por ende podría ser útil para definir el momento óptimo de cosecha, siendo necesario cosechar antes de los 300 grados días desde la emergencia de la panoja.

5.4.1.1 Porcentaje de germinación y viabilidad en distintos momentos de la curva caída de semilla llena

En este material al igual que en Chirú ocurrió que en el momento de máximo desgrane se obtuvo la semilla de mayor germinación y viabilidad. Al igual que en el material anterior la viabilidad siempre fue mayor que la germinación, lo que indica la presencia de semilla con dormición .

5.4.2 Parámetros de calidad semilla caída y retenida

Al igual que ocurre en el caso de las curvas de caída de semilla existe efecto del embolsado en todas las tandas, atribuido a algún efecto mecánico externo según este evento haya ocurrido en distintos momentos fisiológicos de maduración de la panoja en cada una de las tandas, podría estar ejerciendo efecto selectivo sobre la caída de las semillas. Esto trae como consecuencia una diferencia significativa para el PMG entre semilla retenida y caída solamente en la tanda 1 y un porcentaje de viabilidad con diferencias significativas entre caída y retenida únicamente para la tanda 2. El porcentaje de semillas llenas no difiere en ninguna de las tandas entre la semilla caída respecto a la retenida. Todo esto podría deberse al efecto del embolsado, ya que la semilla llena que debería haber caído no lo hizo debido a la protección frente a factores mecánicos ejercida por la barrera física que constituye la malla de nylon.

6. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos sobre el comportamiento de las panojas de ambos materiales debemos decir que es posible obtener semilla de muy alta calidad. El parámetro de calidad que se debe tratar de maximizar es el porcentaje de semilla llena, el cual ronda entre 25% y 70% para semilla retenida y caída respectivamente. Este parámetro es de suma importancia debido a que en todos los casos aproximadamente el 100% de la semilla llena germinó o resultó viable, concluyendo que si la semilla está llena va a germinar.

Sin embargo existen diferencias importantes entre materiales, que deben considerarse para optimizar la cosecha de semilla. El material *flavescens* presenta una gran pilosidad en su semilla, característica que probablemente la mantiene retenida a la panoja una vez consumada la abscisión; momento en el cual debemos cosecharla ya que posteriormente factores ambientales como el viento provocan el desgrane de prácticamente la totalidad de la semilla. El máximo desgrane en este material ocurrió entorno a los 300-400 grados días desde emergencia de la panoja.

En el material Chirú en cambio una vez formado el eje de abscisión la semilla llena cae por su propio peso, aunque parte de la semilla que debería caer no lo hace debido a que queda adherida por la mielecilla producida por el hongo *C. paspali*. Por lo tanto en este material resulta de suma importancia determinar el momento del pico de caída de semilla, para anticipar la cosecha a éste, de modo de lograr buenos rendimientos con semilla de alta calidad y baja incidencia de *C. paspali* el cual dificulta el procesamiento de la misma aumentando los costos de producción. En este caso el máximo desgrane ocurrió entre los 270 y 400 grados días desde emergencia.

Los datos obtenidos en este trabajo solamente permiten una aproximación a lo que sucede en cada panoja y no en la planta o a nivel cultivo. Para lograr determinar el momento óptimo de cosecha de la planta debería realizarse un seguimiento fenológico de todas las panojas formadas por una planta de forma de determinar un momento de máxima producción de panojas. Una vez determinado éste se podría marcar un alto número de plantas en un mismo estado fenológico (emergencia de panojas) y realizar cosechas diarias de la semilla madura (determinada según el porcentaje de humedad), para luego analizar la calidad de esa semilla.

Según la bibliografía consultada probablemente los mejores resultados se obtendrían mediante recolección manual de la semilla, práctica que consideramos inviable en nuestro país debido al alto costo de la mano de obra. Una segunda opción dentro de la cosecha múltiple no destructiva sería el uso de la cosechadora golpeadora descrita por Cull (1963), Purcell (1969), este dispositivo de cosecha no está disponible en nuestro país en el momento, por lo que si se quisiese realizar una cosecha en el corto plazo probablemente lo más correcto sería una cosecha única destructiva realizando corte y secado, según lo descrito por Hopkinson y Clifford (1993).

7. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es determinar el momento óptimo de cosecha de semilla de calidad comercial para el género *Paspalum* en nuestro país, parámetro que no ha sido estudiado a nivel nacional. En este sentido es importante conocer la evolución del desarrollo fenológico de la panoja a partir de su emergencia y la distribución de caída de la semilla, determinar la proporción que desgrana y la retenida, comparando la calidad de éstas, para el material *P. dilatatum* cv. Estanzuela Chirú y *P. dilatatum* ssp. *flavescens*. El trabajo de campo se realizó en dos localidades, una ubicada en Facultad de Agronomía, Sayago, Montevideo, y otra en paraje Pedrera departamento de Canelones, establecimiento El Pedregal de la empresa Estero S.A. en el período comprendido entre diciembre 2010 hasta mayo 2011. La colecta de semillas se realizó cada dos días hasta el momento de corte de la panoja. Fue posible obtener semilla de 96 % de germinación, 2.57 gramos PMG y 97% de viabilidad, sin embargo existen diferencias importantes entre materiales que deben considerarse para optimizar la cosecha de semilla. El biotipo tetraploide presenta una gran pilosidad en su semilla, característica que la mantiene retenida a la panoja una vez consumada la abscisión; momento en el cual debemos cosecharla ya que posteriormente factores ambientales como el viento provocan el desgrane de prácticamente la totalidad de la semilla. En el material Chirú en cambio, una vez formado el eje de abscisión la semilla llena cae por su propio peso, en este material resulta de suma importancia determinar el momento del pico de caída de semilla. La retención de semilla fue de 68%, aunque el porcentaje de llenas en la semilla que quedó adherida a la panoja fue solo del 40%, lo que implica que solamente 27% de la semilla llena producida queda retenida y sería importante cosechar, por otra parte el 21% de la semilla llena y de buena calidad se desprende. A todo esto debemos sumar que la semilla retenida es afectada por *Claviceps paspali* que dificulta el procesamiento de la semilla por pegoteo. Por ende es de suma importancia para lograr una buena producción de semilla, determinar el momento óptimo de cosecha.

Palabras clave: *Panicaceae*; Semilla de *Paspalum dilatatum*; Cosecha de semilla en tropicales; *Claviceps paspali*; Desgrane de semilla; Calidad de semilla de *Paspalum*.

8. SUMMARY

The aim of this paper was to determine the optimal time to harvest commercial quality seed for the genus *Paspalum* in Uruguay. This parameter has not been studied under local conditions; also inferences may arise that could help in seed production of many *Panicaceae* in our country. It is important to know the evolution of phenological development from panicle emergence and distribution seed shattering, determine the proportion of shattered and withheld seed, comparing the quality of those, for *P. dilatatum* cv. Estanzuela Chirú and *P. dilatatum* ssp. *flavescens*. The field work was conducted in two locations, Facultad de Agronomía, Sayago, Montevideo and Pedrera, Canelones, between December of 2010 and May of 2011. The seed harvest was performed every two days until the panicle was removed. High quality seed (96% germination, 2.57 grams per 1000 seeds, 97% viability) can be obtained. However, there are significant differences among biotypes, which should be considered to optimize the seed crop. *flavescens* seed has high hairiness, a feature that keeps it retained to the panicle after abscission. It is at this moment when the crop must be harvested, as seed is susceptible to shattering after an environmental factor such as wind. In the other hand when Chirú already has formed the abscission layerfull seed falls regardless of environmental phenomena. So in this material it is of utmost importance to determine the time of the maximum seed shattering. Seed retention was 68%, although the percentage of filled seed in the retained seed was only 40%, which implies that only 27% of the seed that is produced and retained to the panicle is important to harvest. In the other hand 21% of filled seed shatter, but the most important of all is that retained seed is affected by *Claviceps paspali*, and cannot be used in commercial sowings. Therefore it is of utmost importance determining the optimal harvest time of we are willing to have a commercial and sustainable seed production.

Keywords: Paníceas; *Paspalum dilatatum* seed; Seed harvest in tropics; *Claviceps paspali*; Seed shattering; Seed quality.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIOS, G. 1995. Fitopatología. 2ª ed. México, D.F., Limusa. 838 p.
2. ALISCIONI, S. A.; GIUSSANI, L. M.; ZULOAGA, F. O.; KELOGG, E. A. 2003. A molecular phylogeny of panicum (poaceae:paniceae): tests of monophyly and phylogenetic placement within the panicoideae. American Journal of Botany. 90 (5): 796-821.
3. ASKER, S.E.; JERLING, L. 1992. Apomixis in plants. Boca Raton, FL, CRC. 298 p.
4. BARKWORTH, M. E. 2003. Andropogoneae Dumort. (en línea). Salt Lake City, Utah State University. s.p. Consultado 24 jun. 2011. Disponible en <http://herbarium.usu.edu/treatments/Andropogoneae.htm>
5. _____; CAPELS, K. M.; LONG, S.; ANDERTON, L. K.; PIEP, M.D. 2007. Flora of North America, North of Mexico; Magnoliophyta. New York, Oxford University. 911 p.
6. BASHAW, E.; FORBES, I. 1958. Chromosome numbers and microsporogenesis in Dallisgrass, Paspalum dilatatum Poir. Agronomy Journal. 50: 441-445.
7. BENÍTEZ, A. 1980. Pastos y forrajes. Quito, Editorial Universitaria. 356 p.
8. BENNETT, H.W. 1944. Embriology of Paspalum dilatatum. Botanical Gazette. 106 (1): 40-45.
9. _____. 1959. Artificial pollen germination for selection of improved seed production in Paspalum dilatatum, Poir. Agronomy Journal. 51 (2): 109-111.
10. _____.; MARCHBANKS, W.W. 1969. Seed drying and viability of Dallisgrass. Agronomy Journal. 61 (2): 175-177.
11. BOGDAN, A.V. 1977. Tropical pasture and fodder plants (grasses and legumes). New York, Longman. 475 p.
12. BOGGIANO, P. 2003. Manejo integrado de ecosistemas y recursos naturales en Uruguay, Componente manejo y conservación de la diversidad biológica. Subcomponente; manejo integrado de pradera, Proyecto Combinado GEF/IBRD. Montevideo, s.e. 72 p.

13. BOONMAN, J. G. 1978. Tropical grass seed production in Africa with particular reference to Kenya. In: Sanchez, P. A.; Tergas, L.E. eds. Pasture production in acid soils of the tropics. Cali, CIAT. pp. 361-377.
14. BURSON, B. L.; CORREA, J.; POTTS, H. C. 1978. Anatomical study of seed shattering in Bahiagrass and Dallisgrass. *CropScience*.18: 122-125.
15. _____. 1991. Homology of chromosomes of the X genomes in common and dallisgrass, *Paspalum dilatatum*. *Genome*. 34 (6): 950-953.
16. _____.; HUSSEY, M. 1997. Phylogenetics of apomictic common dallisgrass (*Paspalum dilatatum*). In: International Grasslands Congress (18th., 1997, Winnipeg, Manitoba). Proceedings. s.n.t. pp. 17-18.
17. BURTON, G. W. 1942. Observations on the flowering habits of four *Paspalum* species. *American Journal of Botany*. 29 (10): 843-848.
18. _____. 1943. Factors influencing seed setting in several southern grasses. *American Journal of Agronomy*. 35: 465-474.
19. CAMPBELL, B. D.; MITCHELL, N.D.; FIELD, T.R.O. 1999. Climate profiles of temperate C3 and subtropical C4 species in New Zealand pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 42 (3): 223-233.
20. CARÁMBULA, M. 2007. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 357 p.
21. CARDOZO, C.; SANCHEZ, M.; FERGUSON, J. 1991. Efecto del método de cosecha en el rendimiento y calidad de las semillas de *Brachiaria dictyoneura* cv Llanero. *Pasturas Tropicales*. 13 (1): 9-17.
22. CHAPMAN, G.P. 1996. The biology of grasses. Michigan, CAB International. 273 p.
23. COLL, J.J. 1976. Citología de algunas especies nativas del género *Paspalum*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 28 p.

24. _____. 1991. Producción de semilla de *P. dilatatum*. Montevideo, INIA. 21 p. (Serie Técnica no. 4).
25. CORNAGLIA, P.S. 2003. El pasto miel; características adaptativas. Consideraciones para lograr una implantación exitosa. In: Congreso Argentino de Producción Animal (25º., 2002, Buenos Aires). El pasto miel; una alternativa para las pasturas de la región Pampeana Buenos Aires. Revista Argentina de Producción Animal. 23 (3-4): 143-146.
26. COUSSO, L.; GATTI, M.; CORNAGLIA, P.; SCHRAUF, G.; FERNÁNDEZ, R. 2010. Are more productive varieties of *Paspalum dilatatum* less tolerant to drought?. Grass and Forage Science. 65: 296-303.
27. CULL, J. 1963. Home made buffel seed harvester. Queensland Agricultural Journal. 89: 266-270.
28. DE SOUZA, F.H.D. 1999a. *Brachiaria* spp in Brazil. In: Loch, D.S.; Ferguson, J.E. eds. Forage seed production 2; tropical and subtropical species. Nueva York, CAB International. pp. 371-379.
29. _____. 1999b. *Panicum maximum* in Brazil. In: Loch, D. S.; Ferguson, J.E. eds. Forage seed production 2; tropical and subtropical species. Nueva York, CAB International. pp. 363-370.
30. DELGADO, A.; DE LA PAZ, G. 1991. Estudio de la efectividad de 8 productos en el control de *Chirothrips crassus* Hind. Pastos y Forrajes. 14 (1): 45-50.
31. DUVALL, M. R.; NOLL, J. D.; MINN, A. H. 2001. Phylogenetics of Paniceae (Poaceae). American Journal of Botany. 88 (11): 1988-1992.
32. FLENNIKEN, K.; FULBRIGHT, T. 1987. Effects of temperature light and scartifiacion on germination of brownseed of *Paspalum* seed. Journal of Range Managment. 40 (2): 175-179.
33. FORMOSO, F. 2003. Importancia del *Paspalum dilatatum* en Uruguay. In: Congreso Argentino de Producción Animal (25º., 2002, Buenos Aires). El pasto miel; una alternativa para las pasturas de la región Pampeana Buenos Aires. Revista Argentina de Producción Animal. 23 (3-4): 134-136.

34. GAMBOA, G.; GUERRERO, S. 1969. Scarification of Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge) to hasten its germination. *Agricultura Técnica*. 2 (10): 445-449.
35. GARCÍA, J. 1971. Influencia de factores ambientales sobre el rendimiento y calidad de semilla en tres biotipos de *P. dilatatum* Poir. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 128 p.
36. GLISON, N.; VIEGA, L.; SPERANZA, P. 2011. Estudio preliminar del efecto del tiempo pos-cosecha y del tratamiento pre-imbibición en frío en la germinación de semillas de *Paspalum dilatatum* ssp *flavescens* y otros biotipos. *Análisis de Semillas*. 5 (17): 71-75.
37. GRASS PHYLOGENY WORKING GROUP. 2001. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 88: 373-457.
38. GUISSANI, L. M.; COTA-SÁNCHEZ, J. H.; ZULOAGA, F. O.; KELOGG, E. A. 2001. A molecular phylogeny of the grass subfamily Panicoideae (Poaceae) shows multiple origins of C4 photosynthesis. *American Journal of Botany*. 88 (11): 1993-2012.
39. HACKER, J. 1999. Crop growth and development: Grasses. *In*: Loch, D. S.; Ferguson, J.E. eds. *Forage seed production 2; tropical and subtropical species*. Nueva York, CAB International. pp. 41-86.
40. HODGSON, H. 1949. Flowering habits and pollen dispersal in Pensacola Bahiagrass, *Paspalum notatum*, Flugge. *Agronomy Journal*. 41 (8): 337-343.
41. HOLT, E.C.; BASHAW, E.C. 1963. Factors affecting seed production of Dallisgrass. Texas Agricultural Experiment Station. Miscellaneous publication no. 662. 8 p.
42. HOPKINSON, J.; ENGLISH, B. 1982. Harvest efficiency in seed crops of Gatón panic (*Panicum maximum*) and signal grass (*Brachiaria decumbens*). *Tropical Grassland*. 16 (4): 201-205.
43. _____; _____. 1985. Inmaturity as a cause of low quality in seed of *Panicum maximum*. *Journal of Applied Seed Production*. 3: 24-27.
44. _____; CLIFFORD, P.T.P. 1993. Mechanical harvesting and processing of temperate zone and tropical pasture seed. *In*: International Grassland Congress (17°, 1993, Palmerston North,

Nueva Zelanda). Proceedings . Palmerston North, s.e. pp. 1815-1822.

45. HUMPRHEYS, L.R. ; RIVEROS, F. 1986. Tropical pastures seed production. Rome, FAO. 203 p. (FAO plant production and protection paper no. 8).
46. INASE. 2011. Registro nacional de cultivares de especies forrajeras; INASE. (en línea). Canelones. pp.1-24. Consultado 24 jun. 2011. Disponible en <http://www.inase.org.uy/especiesCultivares/Default.aspx>
47. JOHNSON, B.; HOLT, E. 1962. A study of techniques for evaluating seed set in Dallisgrass. *Cropscience*. 2: 447-448.
48. JOHNSTON, W. 1996. The place of C4 grasses in temperate pastures in Australia. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 39: 527-540.
49. KNIGHT, W.E. 1955. The influence of photoperiod and temperature on growth, flowering and seed production of Dallisgrass, *Paspalum dilatatum* Poir. *Agronomy Journal*. 47: 545-555.
50. LANGER, R. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. 514 p.
51. LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. *In: International Symposium on Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology (1999, Curitiba, Paraná)*. Proceedings. Paraná, CAB International. pp. 265-286.
52. LOCH, D. S.; HARVEY, G. 1999a. *Chloris gayana* in Australia. *In: Loch, D. S.; Ferguson, J.E. eds. Forage seed production 2; tropical and subtropical species*. Nueva York, CAB International. pp. 341-349.
53. _____; DE SOUZA, F.H.D. 1999b. Seed harvesting and drying; grasses. *In: Loch, D. S.; Ferguson, J.E. eds. Forage seed production 2; tropical and subtropical species*. Nueva York, CAB International. pp. 191-212.
54. _____; FERGUSON, J. 1999c. Tropical and subtropical forage seed production: and overview. *In: Loch, D. S.; Ferguson, J.E. eds. Forage seed production 2; tropical and subtropical species*. Nueva York, CAB International. pp. 1-41.

55. LUTRELL, E. 1977. Disease cycle and fungi-host relationship in Dallisgrass ergot. *Phytopathology*. 67 :1461-1468.
56. MCDONALD, M.; KHAN, A. 1983. Acid scarification and protein synthesis during seed germination. *Agronomy Journal*. 75 (2): 111-114.
57. MASCHIETTO, J. C. 1981. Problemas na produção de sementes de capim coloniao. *Revista Brasileira de Sementes*. 3 (1): 117-121.
58. MEARS, P. 1970. Kikuyu as a pasture grass. A review. *Tropical Grassland*. 4 (2):139-152.
59. MICHELINI, D. 2010. Caracterización morfogénica de *Paspalum dilatatum* Poir. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 107 p.
60. MILLOT, J.C. 1969. Mejoramiento de gramíneas forrajeras. In: Reunión técnica (1969, La Estanzuela, Colonia). Producción y conservación de forraje. Colonia, Plan Agropecuario. pp. 101-110.
61. MITCHELL, K.; LUCANUS, R. 1962. Growth at various levels of constant temperature with 8 and 16 of uniform light per day. *New Zealand Journal of Agriculture Research*. 5: 135-144.
62. NAUMOVA, T.; HAYWARD, M.; WAGENVOORT, M. 1998. Apomixis and sexuality in diploid and tetraploid accessions of *Brachiaria decumbens*. *Sex Plant Reproduction*. 12: 43-52.
63. NICORA, E. G.; RUGOLO DE AGRASAR, Z. E. 1987. Los géneros de gramíneas de América Austral: Argentina, Chile, Uruguay y áreas limitrofes de Bolivia, Paraguay y Brasil. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 611 p.
64. NOVOSAD, A.C. 1954. The influences of environmental factor and strain on seed set in Dallisgrass *Paspalum dilatatum* Poir. Tesis Msc. Texas, United States. Texas A&M College. 84 p.
65. OWEN, C. 1951. Improvement of native Dallisgrass in Louisiana. *Louisiana State University Bulletin*. 449: 1-40.
66. PEARSON, C.; SHREE, S. 1981. Effects of temperature of seed production, seed quality and growth of *Paspalum dilatatum*. *Journal of Applied Ecology*. 18 :897-905.

67. PERALTA, A. 1982. Instalación de pasturas asociadas con cultivos forrajeros. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 56 p.
68. PEREIRA DE ANDRADE, R. 1997. Tropical pasture seed production: practices, experience and perspectives. In: International Grasslands Congress (18°. 1997, Winnipeg, Manitoba). Seed production and management. s.n.t. pp. 517-522.
69. PHAIKAEW, C.; CHANCHAI, M.; PIMPAPORN, D. 1993. Ruzi Grass (*Brachiaria ruziziensis*) seed production in north-east Thailand. In: International Grasslands Congress (17°. 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda). Proceedings . Palmerston North, s.e. pp. 1766-1767.
70. _____; PHOLSEN, P.; TUDSRI, S.; TSUZUKI, E.; NUMAGUCHI, H.; ISHII, Y. 2001. Maximising seed yield and seed quality of *Paspalum atratum* through choice of harvest method. *Tropical Grassland*. 35: 11-18.
71. PIZARRO, E. 2000. CIAT; potencial forrajero del género *Paspalum*. *Pasturas Tropicales*. 22 (1): 38-46.
72. PURCELL, D. 1969. Grass seed harvesting in the Roma region. *Queensland Agricultural Journal*. 95: 646-653.
73. RAMOS, N. 1991. Máquina golpeadora para cosechar semillas de *Brachiaria*. *Pasturas Tropicales*. 12 (1): 44-46.
74. RAYMAN, R. P. 1979. Experience in tropical pastures seed production in Brazil. In: Sanchez, P. A.; Tergas, L.E. eds. *Pasture production in acid soils of the tropics*. Cali, Colombia, CIAT. pp. 377-385.
75. REINHEIMER, R. 2007. Desarrollo y estructura de la inflorescencia de *Brachiaria* y *Urochloa* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae) y sus implicancias sistemáticas. Tesis Dr. Sc. Biol. Santa Fé, Argentina. Universidad Nacional del Litoral. 316 p.
76. REUSCH, J. 1960. The relationship between reproductive factors and seed set in *Paspalum dilatatum*. *South African for Agricultural Science* 4: 513-530.
77. RIVAS, M. 1989. Búsqueda de sexualidad en *Paspalum dilatatum* Poir. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 123 p.

78. RODRÍGUEZ, O. 2010. Caracterización morfológica de clones recombinantes de *P. dilatatum* (Poir). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 81 p.
79. ROSENGURTT, B. 1946. Estudio sobre praderas natural del Uruguay. Quinta contribución. Montevideo, Imprenta Rosgal. 473 p.
80. _____.; ARRILLAGA, B.; IZAGUIRRE, P. 1970. Gramíneas uruguayas. Montevideo, Universidad de la República. 489 p.
81. ROSS, B. 1999. *Pennisetum clandestinum* in Australia. In: Loch, D. S.; Ferguson, J.E. eds. Forage seed production 2; tropical and subtropical species. Nueva York, CAB International. 387-394.
82. SANTIÑAQUE, F.H. 1979. Estudios sobre productividad y distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
83. _____.; CARÁMBULA, M. 1980. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Investigaciones Agronómicas. 27 (4): 16-21.
84. SCHRAUF, G.; CORNAGLIA, P.; DEREGIBUS, V.; RÍSSOLA, M. 1995. Improvements in germination behaviour in *Paspalum dilatatum* Poir seed under different pre-conditioning treatments. New Zealand Journal of Agricultural Research. 38: 501-509.
85. _____.; BLANCO, M.; CORNAGLIA, P.; DEREGIBUS, V.; MADIA, M.; PACHECO, M.; PADILLA, J.; GARCÍA, A.M.; QUAIN, V. 2003a. Ergot resistance in plants of *Paspalum dilatatum* incorporated by hybridation with *Paspalum urvillei*. Tropical Grassland. 37: 182-186.
86. _____. 2003b. Selección, hibridación interespecífica e ingeniería genética en el mejoramiento de Pasto miel. In: Congreso Argentino de Producción Animal (25º., 2002, Buenos Aires). El pasto miel; una alternativa para las pasturas de la región Pampeana Buenos Aires. Revista Argentina de Producción Animal. 23 (3-4): 153-159.
87. SEVEROVA, V. 1997. Clima del Uruguay. (en línea). Montevideo, Universidad de la República. Consultado 7 jul. 2011. Disponible en http://www.rau.edu.uy/uruguay/geografia/Uy_c-info.htm

88. SKERMAN, P.; RIVEROS, F. 1992. Gramíneas tropicales. Roma, FAO. 866 p. (Colección FAO: Producción y Protección Vegetal no. 23)
89. SPERANZA, P. 2005. Los desafíos de la exploración de los recursos genéticos en plantas apomícticas; lecciones del caso *Paspalum dilatatum*. *Agrociencia*. 9 (1-2): 73-76.
90. _____. 2009. Evolutionary patterns in the Dilatata group (*Paspalum*:Poaceae). *Plant Systematic and Evolution*. 282 (1-2): 43-56.
91. STEWART, R. 1957. Studies of *Claviceps paspali*. Tesis Ing. Agr. Texas, United States. Texas A&M University. 102 p.
92. TISCHLER, C.; YOUNG, B. 1983. Effect of chemical and physical treatments on germination of freshly-harvested Kleingrass seed. *Cropscience*. 23 (4): 789-792.
93. _____.; BURSON, B. 1999. Seed dormancy and germination of Dallisgrass, *Paspalum dilatatum*, store under different conditions. *Seed Science and Technology*. 27 (1): 263-271.
94. TOMÁS, A.; BERONE, G.; DREHER, N.; BARRIOS, C.; PISANI, M. 2009. Variation in seed shattering in a germplasm collection of *Panicum coloratum* L. var. *makarikariensis* Goossens. In: Congreso Argentino de Genética (37°, 2008, Tandil, Buenos Aires). Actas. Rafaela, Argentina, INTA. pp. 26-32.
95. VAIO, M.; SPERANZA, P.; VALS, J.; GUERRA, M.; MAZZELLI, C. 2005. Localization of the 5s and 45s rDNA sites and cpDNA sequence analysis on species of the Quadrifaria Group of *Paspalum* (Poaceae, Paniceae). *Annals of Botany*. 96: 91-200.
96. _____.; MAZZELLI, C.; PORRO, V.; SPERANZA, P.; LOPEZ-CARRO, B.; ESTRAMIL, E.; FOLLE, G.A. 2007. Nuclear DNA content in allopolyploid species and synthetic hybrid in the grass genus *Paspalum*. *Plant Systematics and Evolution*. 265: 109-121.
97. WATSON, L.; DALLWITZ, M. 1994. The grass genera of the world. Wallingford, CAB International. 1038 p.
98. WEST, S.; MAROUSKY, F. 1989. Mechanism of dormancy in Pensacola Bahiagrass. *Cropscience*. 29 (3): 787-791.
99. WILSON, J.; HOLT, E. 1960. Role of the male gametophyte in dallisgrass reproduction. *Agronomy Journal*. 49: 134-137.

10. ANEXOS

10.1 CHIRÚ ESTERO

10.1.1 Curvas de caída de semilla por tanda según acumulación de grados por día desde emergencia y según fecha calendario

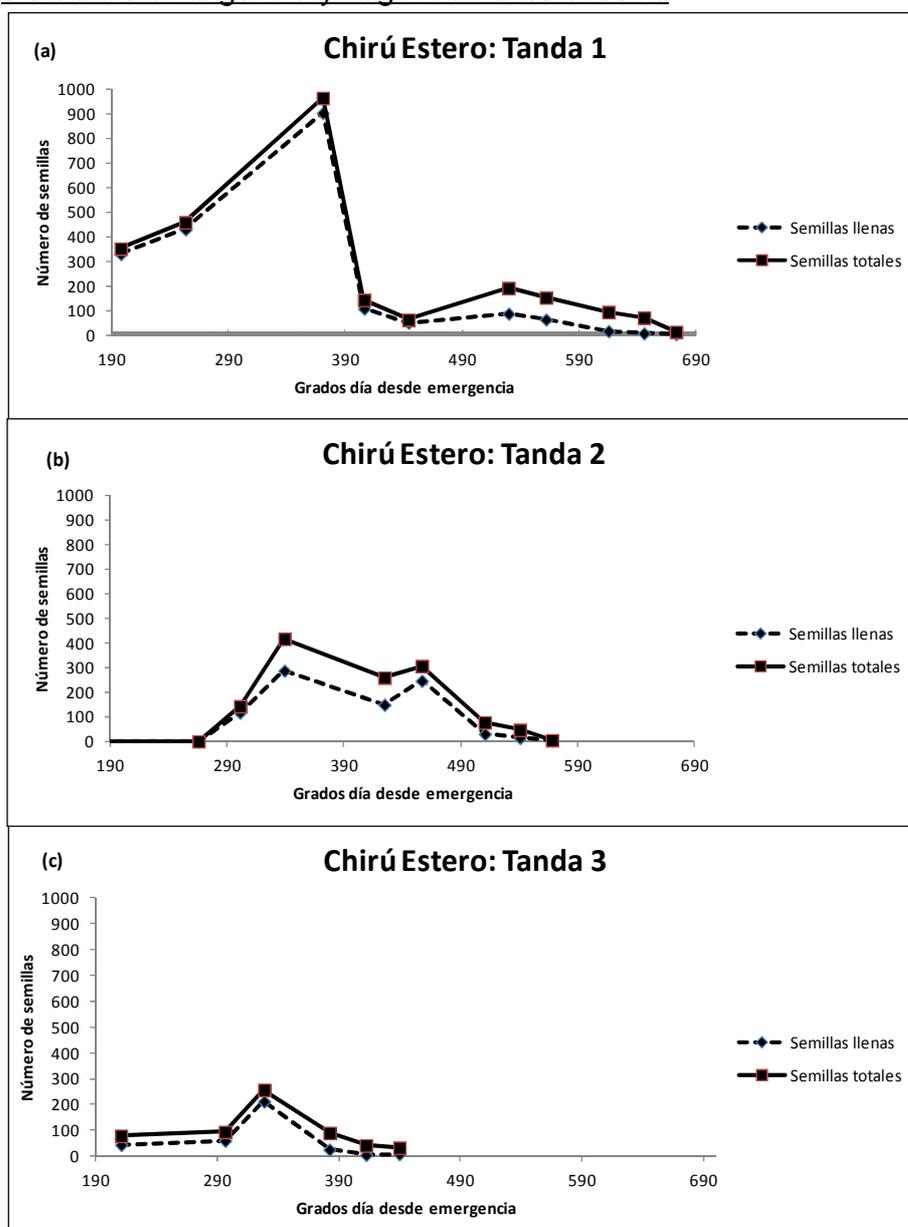


Figura 1. (a) curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y semilla llena para Chirú Estero tanda 1 según grados día acumulados desde emergencia. (b) curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y semilla llena para Chirú Estero tanda 2 según grados día acumulados desde emergencia. (c) curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y semilla llena para Chirú Estero tanda 3 según grados día acumulados desde emergencia.

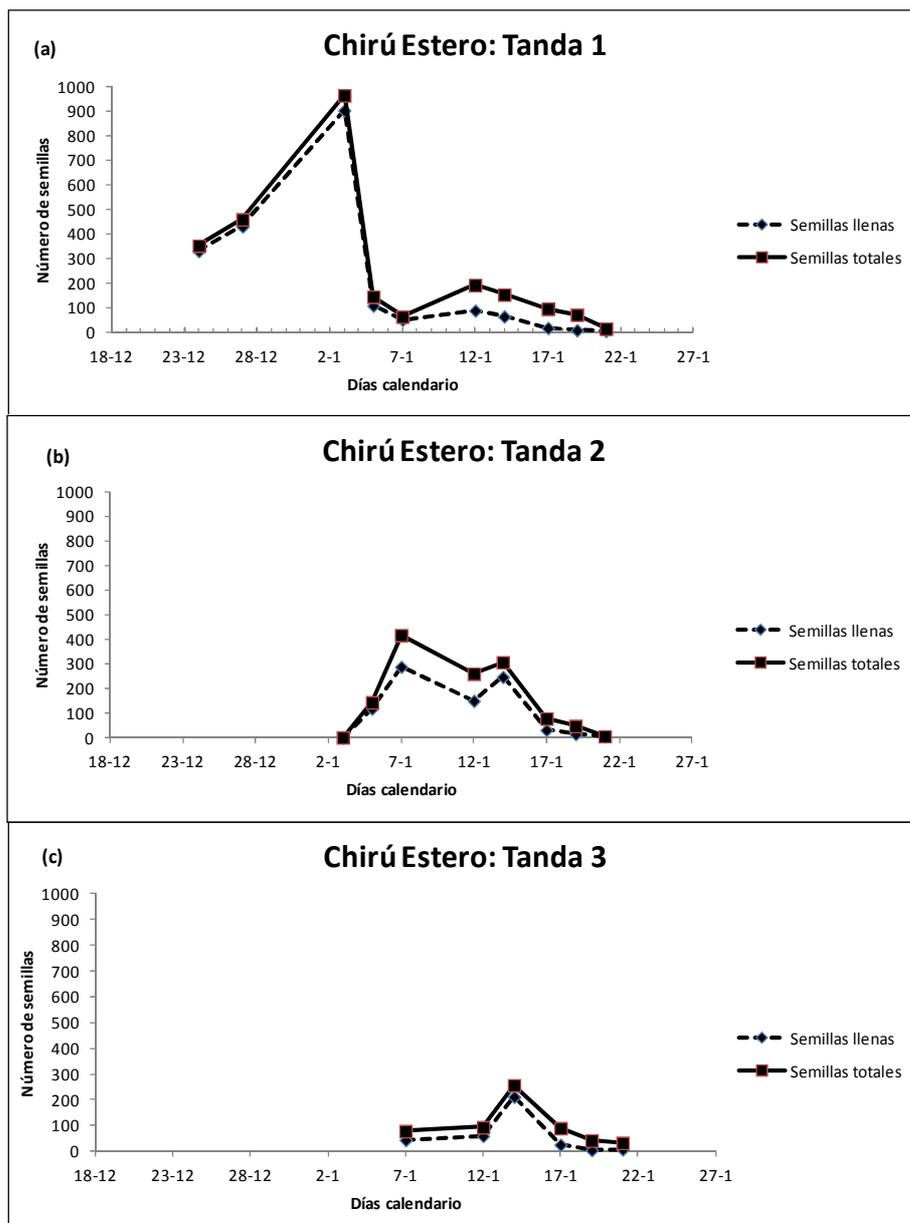


Figura 2. (a) curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y semilla llena para Chirú Estero tanda 1 según fecha calendario. (b) curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y semilla llena para Chirú Estero tanda 2 según fecha calendario. (c) curva de caída de semillas totales (llenas + vacías) y semilla llena para Chirú Estero tanda 3 según fecha calendario.

Como se observa en la figura 1 y 2 (a y c) se repite la tendencia de que la curva de caída de semilla llena sigue la evolución de la curva de caída de la semilla total, aunque en este caso se observa claramente la mayor proporción de semillas llenas en la tanda 1 que en la tanda 3. En estas tandas ocurrió un pico de caída, aunque el mismo se dio con menor acumulación de grados día en la tanda 3.

Por su parte en las figuras 1 y 2 (b) se aprecia un comportamiento distinto en relación a la evolución de la caída de semilla, ya que la misma se da principalmente en dos momentos y no en uno solo como en las mencionadas anteriormente. El primero de estos picos es de mayor magnitud que el segundo.

10.1.1.1 Porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla llena en distintos momentos de la curva de caída de semilla

Cuadro 1. Porcentaje de germinación y viabilidad en el pre-pico, pico y post-pico de caída de semilla llena en el material Chirú Estero.

	% Germinación	% Viabilidad
Pre-Pico	82.60	87.04
Pico	91.46	96.55
Post-Pico	74.12	81.02

Como se observa en el cuadro 1 la mayor viabilidad como germinación se obtuvieron en el pico de caída de semilla.

10.1.2 Comparación de los distintos parámetros de calidad de la semilla retenida y la semilla caída en el material Chirú Estero.

10.1.2.1 Peso de mil semillas

Cuadro 2. Comparación del peso de mil semillas (gramos) de la semilla caída y retenida de las panojas embolsadas para el material Chirú Estero.

	Peso de mil semillas (gms)		
		Semilla caída	Semilla retenida
Chirú ESTERO	Tanda 1	1,90	1,55
	Tanda 2	1,77	1,50
	Tanda 3	1,81	1,26

En el cuadro 2 se aprecia un mayor peso en la semilla caída que en la retenida, para todas las tandas. No encontrándose diferencias importantes entre tandas en la semilla caída.

10.1.2.2 Porcentaje de semillas llenas

Cuadro 3. Comparación del porcentaje de semillas llenas retenidas en las panojas embolsadas y sin embolsar para el material Chirú Estero.

	Embolsadas	No embolsadas
Tanda 1	22.17	33.48
Tanda 2	20.17	32.87
Tanda 3	18.19	33.84

Como se observa en el cuadro 3 la tanda 3 fue la que presentó la menor proporción de semillas llenas en panojas embolsadas, aunque las diferencias entre tandas, tanto en panojas embolsadas como no embolsadas, no parece ser de gran magnitud. En todos los casos el porcentaje de semillas llenas fue menor en las panojas embolsadas.

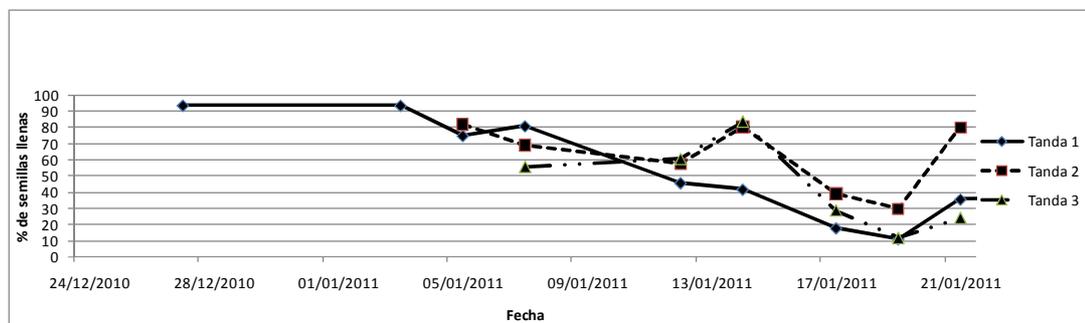


Figura 3. Evolución del porcentaje de semillas llenas caídas en función del tiempo (días calendario) para el material Chirú Estero según tanda.

Como se observa en la figura 3 el porcentaje de semillas llenas disminuyó con el tiempo hasta llegar a valores de entre 20 y 30% según la tanda. Hacia el final del período todas las tandas aumentaron la cantidad de semillas llenas, aunque no llegaron a los valores iniciales.

10.1.2.3 Porcentaje de germinación y viabilidad

Cuadro 4. Porcentaje de germinación y viabilidad al pico de caída de semilla según tanda para el material Chirú Estero.

	% Germinación	% Viabilidad
Tanda 1	93.01	97.66
Tanda 2	79.32	85.38
Tanda 3	84.1	94.29

Como se puede apreciar en el cuadro 4 el mayor porcentaje de germinación como el de viabilidad se dio en la tanda 1. Los menores valores para ambos parámetros se dan en la tanda 2, siendo intermedios para la tanda 3.

Cuadro 5. Porcentaje de germinación para la semilla retenida de panojas embolsadas y sin embolsar.

	% Germinación	
	Embolsadas	Sin embolsar
Tanda 1	92.2	82.5
Tanda 2	97.4	63.3
Tanda 3	65.9	66.7

Como se observa en el cuadro 5 el porcentaje de germinación fue mayor para la tanda 2, en esta a su vez es donde se observa una mayor diferencia entre panojas embolsadas y sin embolsar. En las primeras 2 tandas el porcentaje de germinación es mayor en la embolsadas, mientras que en la tercer tanda son prácticamente iguales sin importar el embolsado o no. También se destaca la diferencia existente en la germinación de las panojas embolsadas de las primeras 2 tandas respecto a la última.