

# Evaluación de la maduración y germinación de semillas de mijo perenne.



**Trabajo de Intensificación profesional  
para optar al grado académico de Ingeniera Agrónoma**

ALUMNO:

**María Belén Fernández**

Docente Tutor: **Mg. Sandra Baioni**

Docentes consejeros:

Dra. Ivana Fernández Moroni

Dr. Mario Ricardo Sabbatini



Departamento de Agronomía–Universidad Nacional del Sur

**2022**

## AGRADECIMIENTOS

-A la Mg. Sandra Baioni por su gran predisposición, ayuda, dedicación y apoyo constante durante la realización del trabajo, tanto en lo académico como en lo personal.

-A los docentes consejeros, Ivana Fernández Moroni y Mario Ricardo Sabbatini, por los aportes y el tiempo dedicado.

-A la UNS, al departamento de Agronomía, y todos los docentes que tuve durante la carrera, que además de conocimientos me aportó valores para la vida.

-A mis padres, que sin ellos nada hubiese sido posible, ya que nunca dejaron de confiar en mi, y me siguen apoyando en todos los proyectos de la vida.

-A mis hermanas y sobrinos, por el apoyo constante durante la carrera, durante mi estadía en Bahía Blanca y en la vida en general.

-A mi novio que siempre me apoyó durante todos estos años.

-A mis abuelos Tata y Yaya, que fueron un gran pilar durante mis estudios y hoy desde el cielo, celebran mis logros.

-A todos mis amigos y familiares que no nombré, sin duda, todos ellos son la razón por la que me encuentro en ésta etapa final de la carrera, a todos ellos GRACIAS.

*Tarda en llegar,*

*y al final , al final*

*hay recompensa...*

*Gustavo Cerati*

# ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos.....	2
Introducción.....	7
El <i>Panicum coloratum</i> en Argentina .....	7
Características de <i>Panicum coloratum</i> .....	8
Características de <i>Panicum coloratum</i> y las dificultades en la implantación y desarrollo de las plántulas.....	12
El cultivo de <i>Panicum coloratum</i> en el Sudoeste Bonaerense .....	14
Hipótesis.....	17
Objetivos .....	17
Materiales y Métodos .....	18
Ensayos de retención de semillas .....	18
Ensayos de germinación .....	20
Ensayos de viabilidad.....	20
Evaluación de panojas .....	22
Análisis de datos .....	22
Resultados y discusión.....	23
Ensayos de retención de semillas .....	23
Evaluaciones realizadas en semillas.....	29
Peso de 1000 semillas .....	29
Ensayos de germinación .....	31
Ensayos de viabilidad .....	32
Evaluación de panojas .....	34

Conclusión.....	36
Anexo fotográfico .....	37
Bibliografía.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Áreas productoras de mijo perenne en el sudoeste bonaerense .....	8
Figura 2. Imagen descriptiva de la panoja y planta de <i>Panicum coloratum</i> y su semilla (Petruzzi <i>et al</i> , 2013).....	9
Figura 3. Morfología de planta y semilla madura de mijo perenne.....	9
Figura 4. Esquema fotosintético de plantas C4.....	11
Figura 5. Anatomía foliar de especies C4 .....	12
Figura 6: Tendencia de precipitaciones en el Sudoeste Bonaerense .....	14
Figura 7. Detalle de plantas en macetas en invernáculo del dpto. de Agronomía UNS .....	20
Figura 8. Semilla teñida de rojo a causa de reacción con sal de Tetrazolio en ensayo de viabilidad.....	21
Figura 9. Promedio de semillas caídas diariamente por panoja período 2017-2018 .....	23
Figura 10. Porcentaje de semillas retenidas y caídas por panoja período 2017-2018 .....	24
Figura 11. Promedio de semillas caídas diariamente por panoja período 2018-2019 .....	25

Figura 12. Porcentaje de semillas retenidas y caídas por panoja período 2018-2019 .....	25
Figura 13. Promedio de semillas caídas diariamente por panoja período 2019-2020 .....	26
Figura 14. Porcentaje de semillas retenidas y caídas por panoja período 2019-2020 .....	26
Figura 15. Promedio de semillas producidas por panoja en los tres períodos evaluados.....	28
Figura 16. Porcentaje de dehiscencia de semillas por panoja .....	28
Figura 17. Porcentaje de semillas retenidas por panoja .....	29
Figura 18. Peso de mil semillas en mg en los tres períodos .....	30
Figura 19. Poder germinativo (%) en los tres períodos evaluados.....	32
Figura 20. Porcentaje de semillas retenidas por panoja en cada una de las muestras recolectadas y herborizadas en los 3 períodos analizados .....	35
Figura 21. Estructuras recolectadas 21-2-2018 .....	37
Figura 22. Estructuras recolectadas 9-3-2018 .....	37
Figura 23. Estructuras recolectadas 21-3-2018 .....	38
Figura 24. Estructuras recolectadas 13-4-2018 .....	38
Figura 25. Panojas cosechadas 1-3-2017.....	39
Figura 26. Panojas cosechadas 24-3-2017.....	39
Figura 27. Panojas cosechadas 14-4-2017.....	40
Figura 28. Panojas cosechadas 18-5-2017.....	40
Figura 29. Panojas cosechadas 19-6-2017.....	41
Figura 30. Panojas cosechadas 17-7-2017.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS; en %) y contenido de proteína bruta (PB; en %) de pasto llorón y mijo perenne en la Región semiárida central (Adaptada de Stritzler, 2008) .....	16
Tabla 2. Comparación de semillas caídas y retenidas en los tres períodos analizados, así como momentos de dehiscencia, y total de semillas producidas por panojas en cada período .....	27
Tabla 3. Peso de 1000 semillas en los tres períodos analizados.....	30
Tabla 4. Poder germinativo expresado en porcentaje a lo largo de 3 años evaluados.....	31
Tabla 5. Porcentaje de viabilidad de las semillas en los tres períodos analizados .....	33

# INTRODUCCIÓN

## El *Panicum coloratum* en Argentina:

El mijo perenne es una gramínea C4 de larga perennidad, nativa de África oriental y adaptada a zonas cálidas a tropicales (Ferri *et al*, 2008). Sin embargo, puede soportar el frío y rebrotar luego de estar expuesto a temperaturas congelantes (Vasicek *et al*, 2020), tener una alta persistencia y muy alta tolerancia a sequías, lo que le ha permitido adaptarse a la región semiárida. Además, soporta niveles moderados de salinidad y sodicidad, y anegamiento por períodos cortos (Ávila, 2013; Bandera *et al*, 2014).

Fue introducida desde África en Australia, Estados Unidos, México, Sudamérica y Japón, utilizada principalmente como alimento de aves, y luego como pastura, heno, silaje, resiembra de pastizales y para control de la erosión (Ferri *et al*, 2008).

En Argentina comenzó a cultivarse en la década del 90', especialmente en la región pampeana semiárida, donde alrededor de 7,8 millones de hectáreas son sembradas con pasturas, de las cuales 1,4 millones son cultivadas con gramíneas C4, y 130.500 aproximadamente corresponden a *Panicum coloratum* (Armando, 2014).

Se puede encontrar cultivado principalmente en las provincias de Córdoba, Buenos Aires, Entre Ríos, La Pampa, San Luis y Santa Fe, sin embargo, ya tiene difusión en provincias como Corrientes, Formosa, Chaco, Salta, La Rioja, Tucumán y Santiago del Estero (Petruzzi *et al*, 2003) (Figura 1).

**Figura 1:** Áreas productoras de mijo perenne en Argentina. Con color naranja se marcan las principales provincias productoras, y con amarillo, aquellas donde su cultivo es más reciente.



### **Características de *Panicum coloratum*:**

Esta especie que puede alcanzar una altura de 80-90 cm. Sus hojas son lineales densas, color verde a verde azulado hasta 1,5 cm de ancho con un largo de aproximadamente 30 cm, su inflorescencia es una panoja muy abierta (Petruzzi *et al*, 2003).

En las panojas las espiguillas son de 2,8-3,2 mm de longitud, por 1-1,2 mm de ancho, estrechamente aovadas, acuminadas y glabras color verde y púrpura. Las glumas son pequeñas, glabras, acuminadas y desiguales, la inferior es mucho más corta que la espiguilla. Tiene dos flores por espiguilla, la inferior estaminada con la palea bien desarrollada, y la superior es una flor

bisexual con lemma lisa, dura y amarilla. Las semillas (cariopses) en realidad son frutos, de 1,4 – 1,8 mm de longitud y 0,7-1 mm de ancho, color marrón al madurar. Tienen un solo cotiledón llamado “escudete”, que participa en la nutrición inicial del embrión. El cotiledón está rodeado por el pericarpio, que lo protege (Petruzzi *et al*, 2003).

**Figura 2:** Imagen descriptiva de la panoja y de la planta de *Panicum coloratum* y de su semilla (Tomado de Petruzzi *et al*, 2003).



Las semillas son muy pequeñas, rasgo típico de las pasturas perennes, por eso el peso de mil semillas es muy bajo, de 700 mg a 1150 mg (Lauric *et al*, 2014).

**Figura 3:** Plantas de mijo perenne a campo (izquierda) y detalle de sus semillas completamente maduras en color marrón (derecha) (fotos propias).



El método de reproducción de la especie varía entre formas alógamas, autógamas y apomixis, siendo la mayor producción de semillas obtenida por

alógama predominantemente, un tipo de reproducción sexual en plantas, que consiste en la polinización cruzada y la fecundación entre individuos genéticamente diferentes (Armando *et al*, 2013; Baioni, 2021).

Un estudio realizado, por Tomás *et al*, comprobó que el 100% de la progenie presenta recombinación genética y el 83% presenta alelos paternos, lo que refuerza las evidencias sobre la naturaleza principalmente alógama de la especie (Tomás *et al*, 2016)

Este tipo de reproducción, predominantemente sexual y de polinización abierta, favorece la producción de individuos genéticamente nuevos, y por lo tanto, la constante variabilidad genética en las poblaciones, aunque ha sido mencionado un cierto nivel de autofecundación y apomixis (Hitchison y Bashaw; 1964).

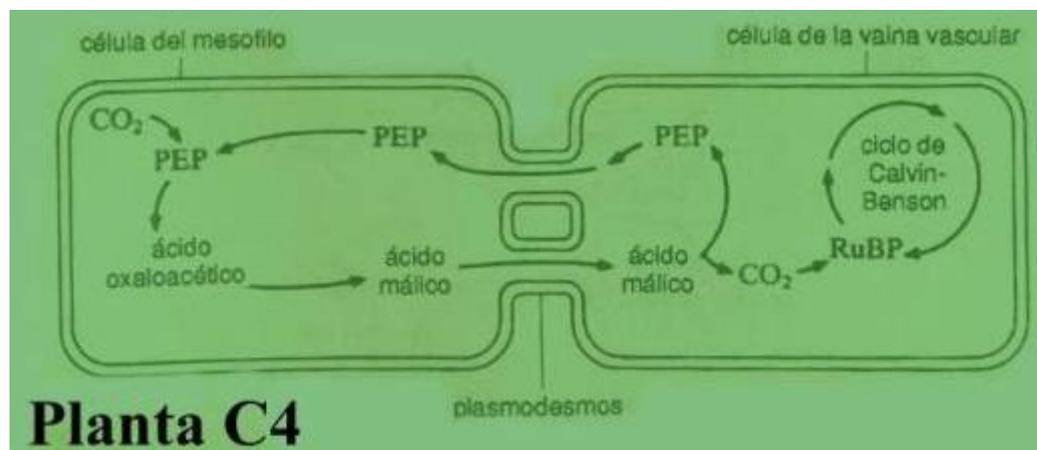
Se disemina en comúnmente mediante semillas, pero puede ser por medio de propagación vegetativa. La dispersión de semillas en su primer ciclo de crecimiento es iniciada la primera semana de marzo, manteniendo simultáneamente macollos productivos y otros en elongación, mientras que, en pasturas ya establecidas, la semillazón ocurre hacia fines de diciembre en la región central del país (Tomás *et al*, 2016).

El mijo perenne es una especie C4. Las especies C4 se denominan así porque el producto luego de la primera carboxilación del CO<sub>2</sub> es un ácido de cuatro carbonos. Estas especies tienen una ruta fotosintética complementaria a la vía universal de fijación del CO<sub>2</sub>, que en las demás plantas es la única ruta fotosintética. Ésta ruta complementaria aumenta la eficiencia fotosintética sobre todo con ambientes cálidos y con elevada radiación (Azcon Bieto y Talón, 2013). Algunas de las especies C4 como el mijo y el pasto llorón (*Eragrostis curvula*), además poseen alta capacidad de producción bajo condiciones de escasa humedad y baja fertilidad de suelos (Torres Carbonell, 2009).

La vía universal de fijación del CO<sub>2</sub> es mediante el ciclo de Calvin-Benson, que en las plantas C3 es la única ruta fotosintética. En el proceso de fotosíntesis de las plantas con metabolismo C4, existe una división del

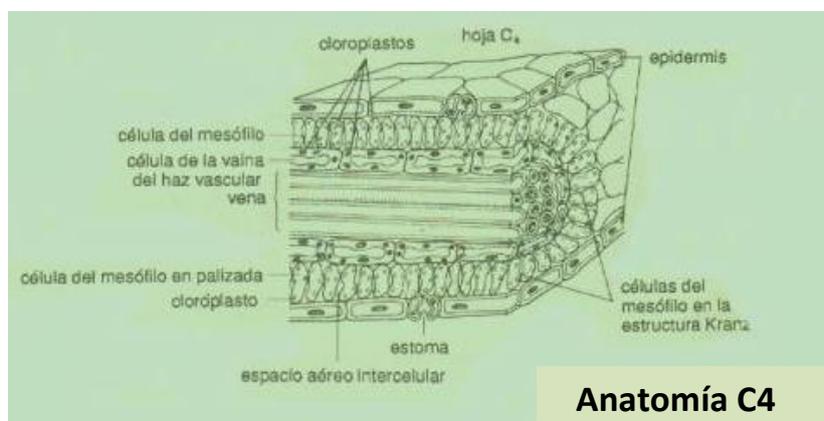
proceso metabólico entre dos tipos de células: las células del mesófilo y las de la vaina del haz. La reacción por la que el  $\text{CO}_2$  se convierte en el 4° carbono del malato y/o aspartato se efectúa mediante su combinación inicial con el fosfoenolpiruvato (PEP) para formar oxalacetato. En las células del mesófilo se produce la captura de  $\text{CO}_2$  en ácidos tetracarbonados y, después de la transferencia de estos ácidos hacia las células de la vaina del haz, se produce la descarboxilación y refijación de  $\text{CO}_2$  en el ciclo universal de reducción metabólica del carbono, el ciclo de Calvin-Benson (Salisbury y Ross, 1992) (Figura 4).

**Figura 4:** Esquema del ciclo fotosintético en especies C4 (Tomado de la Cátedra de Botánica, UBA).



Es decir que la ruta C4 es complementaria al Ciclo de Calvin- Benson y las especies que la presentan no solo tienen diferencias fisiológicas sino además anatómicas, poseen una anatomía foliar de "tipo Kranz" o "corona" alrededor de los haces vasculares (Figura 5), cuya función es mantener una elevada concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) alrededor de la enzima responsable de captar el dióxido de carbono, denominada RuBisCo (ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa-oxigenasa). Además, estas células más impermeables logran tener una baja concentración gaseosa, evitando de esta manera la fotorespiración y la consecuente pérdida de carbono fijado por el proceso fotosintético (Bandera *et al*, 2013).

**Figura 5:** Anatomía foliar en especies C4 (Adaptado de Bandera *et al*, 2013).



Estas diferencias anatómicas entre las especies C3 y C4 causan un importante efecto sobre la calidad nutricional, ya que las especies C4 optimizan el proceso fotosintético, sin embargo, les confiere bajos porcentajes de proteína bruta (PB) y de carbohidratos solubles, así como altos contenidos de compuestos estructurales como la celulosa y hemicelulosa (Bandera *et al*, 2013).

Debido a que en las C4 hay mayor cantidad de haces fibrovasculares, xilema y floema, y ellos rodeados por células de la vaina del haz, la proporción de mesófilo de las hojas de C4 es menor que en las C3, y por ello la lignificación de la fibra y la relación tejido vascular/mesófilo es mayor en C4, con la consecuente reducción en la calidad forrajera. (Bandera *et al*, 2013; Taiz y Zeiger, 2006).

### **Características de las semillas de mijo perenne, y las dificultades en la implantación y desarrollo de las plántulas:**

El principal desafío para lograr una buena pastura de mijo perenne es su implantación. Debido a que las semillas son de pequeño tamaño, poseen dormición primaria, y por su maduración desuniforme en las panojas que al momento de la cosecha no todas tienen el mismo grado de madurez, y la falta de retención de las mismas (Baioni, 2021; Tomás *et al*, 2016). Es por ello que el poder germinativo de las semillas comerciales de mijo perenne es muy

bajo, varía entre 15 y 50%. Por otra parte, la baja eficiencia al momento de la implantación podría explicarse por el lento crecimiento inicial de las plántulas (Baioni, 2021; Tomas *et al*, 2016). Probablemente asociado al bajo contenido de reservas que poseen las semillas de reducido tamaño.

Debido a la baja eficiencia de implantación, es poco adoptada por los productores de la zona, y los mismos siguen optando por el pasto llorón, a pesar de tener menor rendimiento y calidad (Petruzzi *et al*, 2003).

Con respecto al tamaño de la semilla, se pudo comprobar que la estrategia reproductiva de la especie se basa en la producción de gran cantidad de semillas de bajo peso (Maina *et al*, 2012), característica que comparte con otras especies emparentadas como pasto guinea (*Panicum máximum*) (Milthorpe y Moorby, 1979).

Debido a la madurez asincrónica de las flores y los frutos en la panoja, al momento de la cosecha existe variabilidad en el grado de madurez de las semillas cosechadas. Además, éste cultivo presenta alta dehiscencia, por lo que las semillas maduras se desprenden de la planta (Tomás *et al*, 2016).

Las inflorescencias en la mayoría de las gramíneas maduran en forma basípeta (Gould y Shaw, 1983; Moore *et al*, 1991), pero la antesis puede durar varios días en una sola inflorescencia, y en muchas especies ocurre a lo largo de extensos períodos (Burson, 1980).

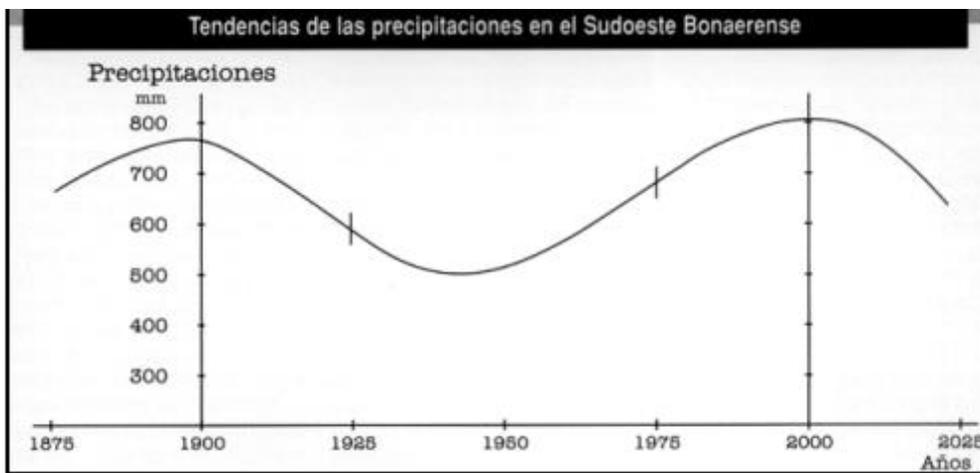
Durante la domesticación de los cultivos, el rasgo de retención de semillas es preferido ya que facilita la recolección de semillas (Hu *et al*, 2018). La retención de semillas se encuentra determinada por distintas estructuras florales cuya maduración y cambios anatómicos están controlados por diferentes genes, que a su vez fueron modificados a través de numerosos eventos en la domesticación. La misma consiste en cambios de la forma silvestre a domesticada mediante selección de los genes (Hu *et al*, 2018).

Si bien la dehiscencia y pérdida de semillas constituye un problema en lotes de producción comercial de semillas en muchas especies forrajeras, ya que disminuye el rendimiento (Lee, 2007; Vaughan *et al*, 2007; Baioni 2021); no hay datos ni publicaciones muy abundantes sobre éste tema.

### El cultivo de *Panicum coloratum* en el sudoeste bonaerense:

El sudoeste bonaerense es una zona agrícola-ganadera que se caracteriza por su clima semiárido templado, con una temperatura media del aire de 15°C. La concentración de lluvias se produce durante dos estaciones bien definidas, correspondiéndose con un régimen hídrico Ústico (Figura 6). Las precipitaciones anuales en promedio, no superan los 800 mm, y presentan gran erraticidad, y de acuerdo al balance hidrológico, el clima se caracteriza como subhúmedo-seco, con pequeño o nulo exceso de agua.

**Figura 6:** Tendencia de precipitaciones anuales en el sudoeste bonaerense. Fuente: Ing. Agr. Adolfo Glave, 2006. Acaecer. Producción animal.



Debido a estas características climáticas, el desarrollo de la actividad agropecuaria se ve limitado por la erraticidad de las precipitaciones, que limitan los rendimientos posibles, y los suelos de baja calidad debido a que se trata de suelos con poco perfil y con alto contenido de arena.

En este contexto, los cultivos de cosecha anual, implican afrontar altos riesgos, y por ello, un sistema ganadero, complementado con la implantación de pasturas perennes, cumplen un papel fundamental, ya que resultan un planteo rentable, con mayor sostenibilidad, que otorgan estabilidad productiva y ambiental al sistema (Bandera *et al*, 2013).

La introducción de pasturas perennes en el sudoeste bonaerense, se ha convertido en la mejor opción para alimentación animal, ya que ofrecen raciones de buena calidad, permitiendo mantener el ganado en buenas condiciones y en ciertos casos, aumentar la carga animal, aún en períodos de

sequía o con años desfavorables. A su vez, permiten un uso del suelo más eficiente y conservativo, reduciendo los problemas de erosión, tanto hídrica como eólica, debido a que el suelo permanecería constantemente con cobertura, y el laboreo es mucho menor que con cultivos anuales (Torres Carbonell, 2009).

Las especies forrajeras perennes estivales cultivadas en Argentina son principalmente mega-térmicas, C4. Algunas especies de gran difusión son el pasto llorón (*Eragrostis curvula*), y la grama rhodes (*Chloris gayana*), dos especies de alta capacidad de adaptación y producción de forraje, y otras de desarrollo más reciente en la región templada argentina como: digitaria (*Digitaria eriantha*) y mijo perenne (*Panicum coloratum*) (Mengato, 2014).

En particular el mijo perenne es una alternativa interesante, ya que presenta una calidad superior al pasto llorón y puede servir tanto para reemplazarlo, como para continuar una cadena forrajera, puesto que su pico de producción se presenta a fin del verano (Petruzzi *et al*, 2003; Torres Carbonell 2009; Mengatto, 2015).

La siembra de esta especie en el sudoeste bonaerense, se extiende desde mediados de octubre hasta fines de diciembre, la densidad de siembra recomendada es de 3 a 5 kg de semilla pura viable por hectárea a una profundidad de 1 a 2 cm. Pero esa densidad, tiene que ser relacionada con el poder germinativo de la semilla, y la pureza. Tiene una alta capacidad de resiembra, por lo que las fallas de siembra ya sea por defectos de la sembradora o de la semilla, pueden ser corregidas fácilmente (Borrajo, 2011).

Una inadecuada y desuniforme profundidad de siembra, es uno de los motivos por los cuales no se logra una buena implantación de la pastura. Para lograr un buen stand de plantas, pueden necesitarse 2-3 años, ya que de esta manera germinarían las semillas que puedan estar dormantes y que se produzca una resiembra natural, que es muy favorable, pero para ello, es necesario no pastorear el forraje durante la implantación (Petruzzi *et al*, 2003).

Las plantas rebrotan desde el mes de septiembre y no se ven afectadas por las heladas tardías. Luego, comienza un crecimiento intenso, que se

prolonga a lo largo de la primavera y el verano, con una producción sostenida en octubre y llegando al pico de mayor producción en noviembre y diciembre. A partir de febrero la producción declina, hasta llegar el otoño, cuando la producción de forraje es menor, pero solo se detiene con el comienzo de las heladas (Bandera *et al*, 2013, Petruzzi *et al*, 2003)

La calidad del forraje es muy alta durante la estación de crecimiento, alcanzando valores mayores al 14% de proteína bruta en el mes de diciembre, y conserva una buena calidad comparada con el pasto llorón (Petruzzi *et al*, 2003) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)(%) y contenido de proteína bruta (PB) (%) de pasto llorón y mijo perenne en la región semiárida central (Adaptada de Strizler, 2008).

ESPECIE	PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO		INVIERNO	
	DIVMS	PB	DIVMS	PB	DIVMS	PB	DIVMS	PB
<i>Eragrostis curvula</i>	60,8	9,7	53,8	6,4	45,6	5,3	34,8	3,4
<i>Panicum coloratum</i>	67,1	14,3	65,7	9,4	60,3	8,2	50,2	4,5

La producción de materia seca también es buena, varía entre 4000 y 8000 kg MS/año (Bavera, 2007), por eso con los valores de calidad mencionados, se pueden lograr ganancias de peso de 0,8-1 kg día<sup>-1</sup> en novillos en plena estación de crecimiento de la pastura (Petruzzi *et al*, 2003)

## **HIPÓTESIS:**

El mijo perenne presenta un reducido índice de cosecha de semillas, bajo poder germinativo y pobre eficiencia de implantación debido en parte a la madurez asincrónica de sus semillas. Esto también dificulta la determinación del momento óptimo de cosecha, y del lugar donde se concentra la mayor cantidad de semillas en las panojas.

## **OBJETIVOS:**

El objetivo del trabajo de intensificación fue estudiar la maduración de las semillas de mijo perenne durante la etapa reproductiva para establecer su período óptimo de cosecha y evaluar la capacidad de germinación e implantación de las mismas.

# **MATERIALES Y MÉTODOS:**

Para cumplir con el objetivo se llevaron a cabo ensayos de retención de semillas, de evaluación de panojas y ensayos de viabilidad y germinación.

## **1. ENSAYOS DE RETENCIÓN DE SEMILLAS**

Se realizaron ensayos de evaluación de maduración de panojas sobre plantas cultivadas en el invernáculo del Departamento de Agronomía de la UNS, bajo condiciones semi-controladas de humedad y temperatura, en el período comprendido entre los años 2017 y 2020.

La siembra de las plantas evaluadas se realizó el 11 de septiembre de 2017 en 36 recipientes plásticos de 20 L que contenían un suelo de horizonte A de la zona, secado al aire y tamizado.

Las semillas empleadas fueron provistas por el semillero Agroempresa S.A, cosechadas en 2016 y cuyo poder germinativo era de 44% según informó el proveedor.

La dosis de siembra aplicada fue de 12-15 semillas por maceta, y durante la etapa de implantación las mismas fueron regadas y mantenidas a capacidad de campo para evitar alguna falla en la germinación a causa de estrés hídrico. Luego se hizo un raleo en cada maceta con el objetivo de dejar 2 o 3 plantas por cada recipiente.

Las plantas fueron sometidas a un continuo seguimiento, y a partir de la encañazón el mismo se realizó en forma más estricta, con controles diarios para determinar el momento de inicio de la antesis, es decir cuando las anteras empezaron a desprender polen (Lemke *et al*, 2003). La plena antesis se consideró cuando el 50% de las plantas se encontraban en floración.

Cuando se alcanzó el estadio de floración, se favoreció en forma manual el proceso de polinización cruzada, ya que dentro del invernáculo podría no haber ocurrido o ser deficiente por la ausencia de viento y de polinizadores. Luego de asegurada la polinización, se colocaron trampas para recoger las semillas en el macollo principal de cada planta. Cada panoja seleccionada se ubicó dentro de

un recipiente plástico (botella) de 1,5 litros, sujetado con precintos a una varilla de hierro que se enterró en el suelo para sostenerlo. Se colocaron en total 15 trampas.

A cada uno de los recipientes plásticos se le realizaron cortes en forma rectangular (ventanas), para permitir la circulación de aire y evitar una alta temperatura dentro del recipiente, pero sin permitir la pérdida de semillas que se pudieran desprender.

El pico de las botellas fue cubierto por un pequeño cuadrado de gasa, de 10 x 10 cm, que se sujetaba con una banda elástica, cuya función era recoger las semillas y/o estructuras florales que se desprendieran de las panojas (Figura 7).

Recolección de semillas: después de la colocación de las trampas, semanalmente se retiraron los paños de gasas y se contó la cantidad de semillas retenidas en cada inflorescencia. Luego, en forma analítica se determinó el total de semillas (retenidas + caídas) y el porcentaje de retención de semillas por panoja. También se fotografiaron las semillas y estructuras recolectadas.

La colecta semanal se realizó desde los 7 a los 98 días después de la antesis. En cada fecha de muestreo se realizó el conteo de las semillas recolectadas, y se pesaron las mismas luego de secadas al aire

Para analizar el estado de madurez de las semillas, se tomó en cuenta el color, la dureza y el tamaño de las mismas, que se fueron comparando a lo largo del ensayo, tal como lo indicaron Cutherson (1970) y Matilla *et al* (2003).

**Figura 7 .1-** Detalle de plantas en sus macetas en el invernáculo del Departamento de Agronomía de la UNS. 2- Panoja colocada dentro de la botella. 3- Panojas con las botellas y gases colocadas para recoger las semillas y estructuras desprendidas.



## 2. ENSAYOS DE GERMINACIÓN

Se realizaron ensayos de poder germinativo (PG) sobre las semillas recolectadas en el ensayo de retención de semillas, en aquellas fechas en las que se obtuvo suficiente cantidad para realizar este análisis. Las pruebas se llevaron a cabo siguiendo las normas ISTA (International Seed Testing Association, 2016). Se colocaron las semillas sobre papel, fueron incubadas en cámara de germinación a una temperatura entre 20 y 30°C, y se efectuaron 2 conteos, a los 7 y a los 28 días, en todos los casos se contó como semilla germinada aquellas con radícula visible y con coleoptile de 2 mm de largo (Rossetti, 2014; International Seed Testing Association, 2016).

## 3. ENSAYOS DE VIABILIDAD

Con el fin de analizar el grado de madurez de las semillas recolectadas, se realizaron testeos de viabilidad, para poder determinar no solo la calidad de las

semillas, sino también, poder identificar si existían otros factores que afectaran la capacidad de germinar de las mismas, entre ellos, la dormición.

El ensayo se realizó mediante el análisis topográfico de Tetrazolio o TTC (2,3,5-trifenil cloruro de tetrazolio), una prueba bioquímica que permite diferenciar los tejidos vivos de los muertos sobre la base de la actividad de enzimas deshidrogenasas. El indicador se reduce por acción de estas enzimas respiratorias, dado que se liberan protones ( $H^+$ ) al consumirse las reservas seminales, indicando así la viabilidad de las semillas. Al ser hidratadas las semillas, la sal de tetrazolio vira de incolora a color rojo, cuando se convierte en formazán. Esta sustancia tiñe las células vivas de color rojo, en tanto que las muertas permanecen sin colorear.

Para la prueba, se eliminaron las glumas y se cortaron las semillas transversalmente cerca del embrión, luego de ser hidratadas durante 18 horas, en solución de TTC al 1%, y se observaron los embriones a la lupa binocular (Figura 8). La viabilidad de las semillas se determinó en función del patrón de tinción del embrión (Guía de Trabajos Prácticos de Fisiología Vegetal-UNS).

Si una semilla es viable, indica capacidad de germinar, sin embargo, podría estar dormida, y en ese caso no germinaría inmediatamente.

**Figura 8.** Detalle de una semilla de mijo perenne vista a la lupa binocular con su embrión teñido de rojo a causa de la reacción con la sal de tetrazolio.



#### **4. EVALUACIÓN DE PANOJAS**

En forma semanal se cortaron y herborizaron panojas que no se encontraban encerradas en las trampas, con el objetivo de determinar el sector de la inflorescencia donde se encontraba retenida la mayor cantidad de semillas en cada una de las fechas de muestreo y se fotografiaron las mismas. Luego se retiraron las semillas de las panojas para poder contabilizarlas, pesarlas y, en caso de ser suficientes, se realizó poder germinativo.

#### **5. ANÁLISIS DE DATOS**

Los resultados obtenidos fueron analizados con el test de ANOVA, con dos factores, fecha y panojas, y la fecha se mantuvo en los análisis como factor fijo, mientras que las panojas fueron consideradas como un bloque, ya que la panoja de cada planta fue una medida repetida. Los resultados se analizaron con el programa Infostat y GraphPad Prism 5. El nivel de significancia estadística se determinó con un  $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ . Los resultados se expresaron como la media  $\pm$  el error estándar.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

## 1. ENSAYO DE RETENCIÓN DE SEMILLAS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de retención de semillas en condiciones semi-controladas en el invernáculo.

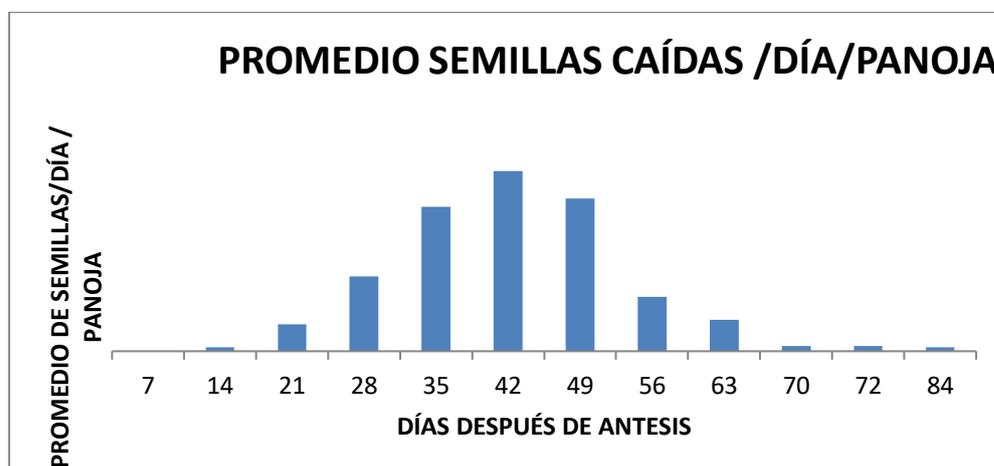
### 1.1 SEMILLAS PRODUCIDAS, RETENIDAS Y CAÍDAS:

La recolección de las semillas durante los 3 años que se realizó el estudio permitió conocer la dehiscencia de las panojas luego de la antesis.

Se pudo comprobar que luego del día 84 (12 semanas) después de la antesis, no se registraban más pérdidas de semillas.

En el período 2017-2018, primer año del ensayo, se analizaron 15 panojas, observándose que la mayor dehiscencia se concentró entre el día 42 y 49 después de la antesis. El promedio de semillas caídas fue de 43,8 (Figura 9).

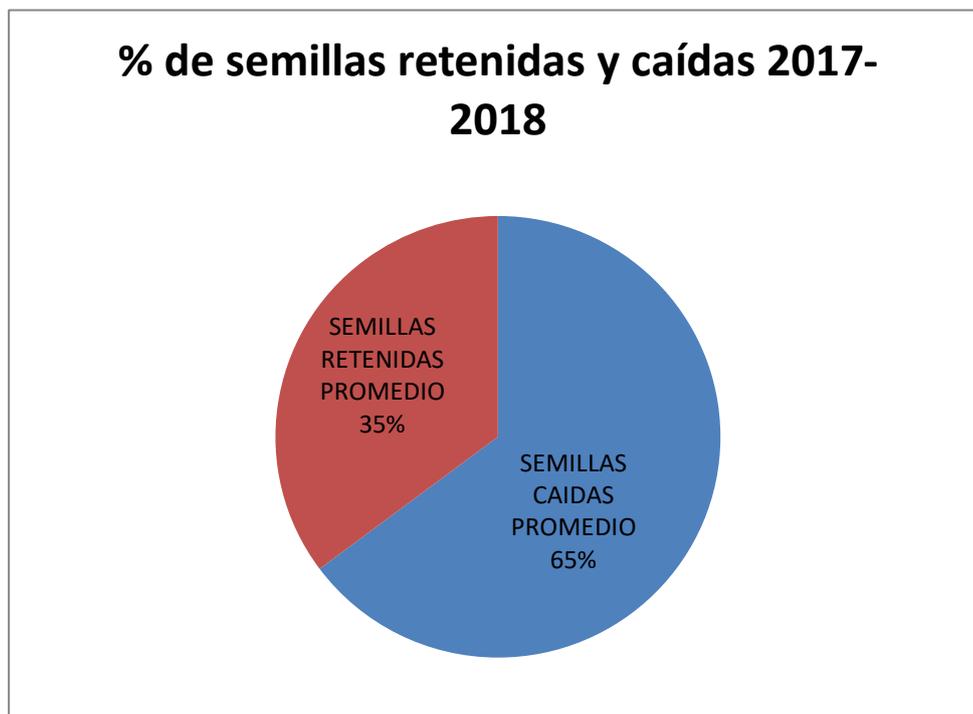
**Figura 9.** Promedio de semillas caídas por día por panoja, período 2017-2018.



Al efectuar el conteo de la retención en las panojas, el promedio obtenido fue de 23,8 semillas. Dicho valor, en términos de porcentaje, fue de 35,21% de semillas retenidas en la panoja, por lo cual el 64,79% de las semillas se desprendieron luego de la antesis a lo largo de los 84 días (Figura 10). Es

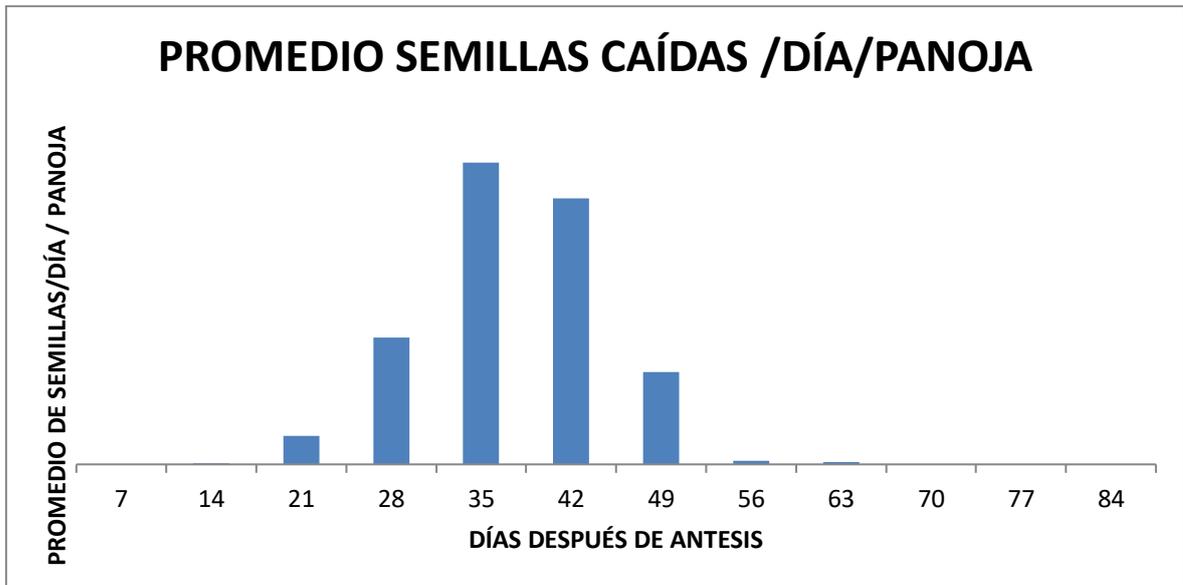
decir que casi dos tercios de las semillas producidas en las panojas se pierden 50 días después de la antesis.

**Figura 10.** Porcentaje de semillas retenidas y caídas por panoja, período 2017-2018.

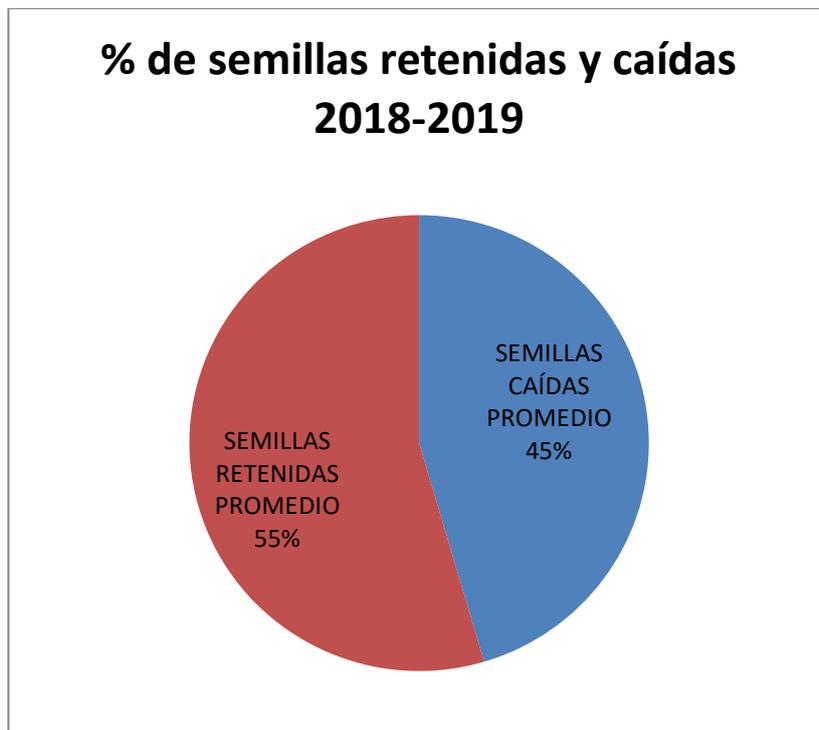


En el período del ensayo, 2018-2019, segundo año, también se analizaron 15 panojas, y se observó que la mayor cantidad de semillas caídas se concentró entre los 35 y 42 días después de la antesis. La cantidad promedio de semillas caídas fue de 42,73, mientras que el promedio de semillas retenidas fue de 51,33 en cada inflorescencia (Figura 11), lo que equivale a un 55% de retención, es decir un 20% mayor que el año anterior, además de haber producido más del doble de semillas (Figura 12).

**Figura 11.** Promedio de semillas caídas por día por panoja, período 2018-2019.



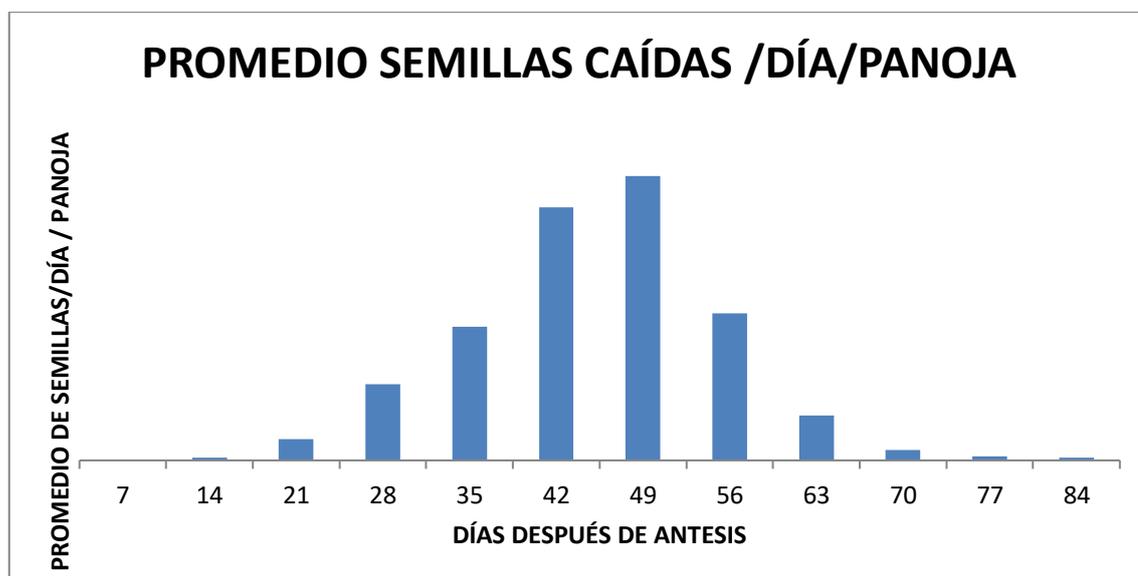
**Figura 12.** Porcentaje de semillas retenidas y caídas por panoja, período 2018-2019.



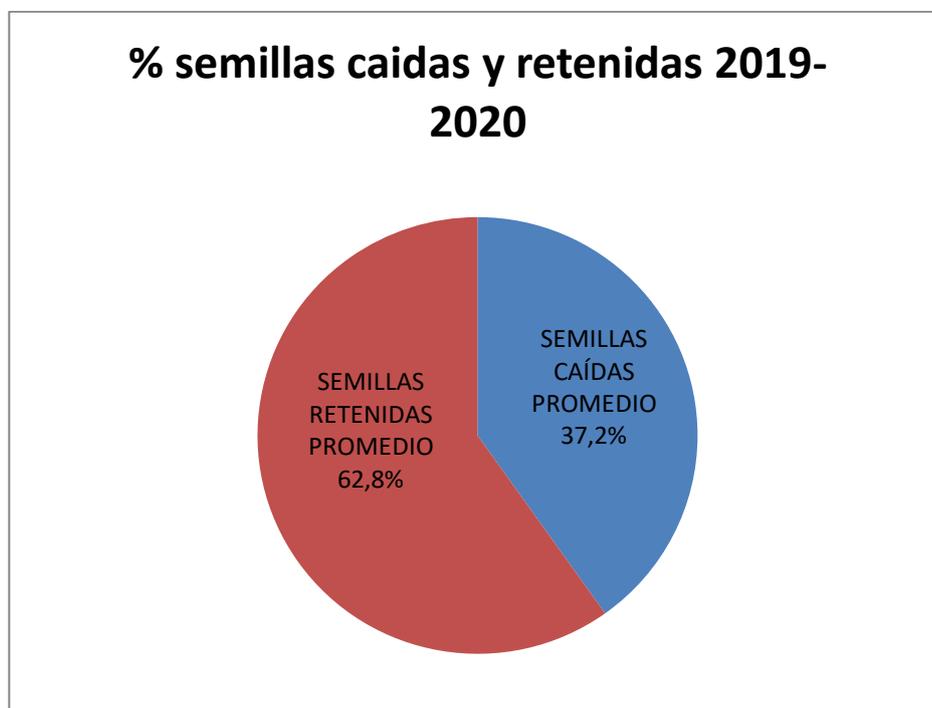
En el período 2019-2020, último año del ensayo, se obtuvieron resultados similares en cuanto al momento de mayor dehiscencia de semillas, entre los días 42 y 49 después de antesis, con unas 25 unidades desprendidas (Figura

13), pudiendo llegar a la conclusión que la especie presenta una dehiscencia muy elevada en ese período post-antesis. La cantidad de semillas retenidas en este período fue 86 por panoja, equivalente a 62,8% de retención, es decir, un 7,8% más que el año anterior (Figura 14).

**Figura 13.** Promedio de semillas caídas por día por panoja, período 2019-2020.



**Figura 14.** Porcentaje de semillas retenidas y caídas por panoja, período 2019-2020



En los 3 períodos estudiados el ritmo de caída de semillas fue similar, siguiendo una distribución de tipo normal. Si bien la cantidad de semillas

caídas fue elevada en los ciclos productivos, también aumentó el total de semillas producidas y el porcentaje de retención. Comparando los resultados, se observa que en el período 2019-2020, la retención fue más del triple que en 2017-2018, cuando las plantas estaban en su primer ciclo de crecimiento, y también se duplicó la cantidad de semillas producidas (Tabla 2).

Cabe destacar que en todas las fechas se obtuvieron semillas con distinto grado de madurez, lo que nos permitiría relacionarlo con la maduración asincrónica característica de esta especie, y puede justificarse debido a la falta de domesticación de la misma (Baioni, 2021; Valdés, 2020).

**Tabla 2.** Comparación de semillas caídas y retenidas, en los tres períodos analizados, así como momento de mayor dehiscencia, y total de semillas producidas por panoja en cada uno.

Período analizado	Retención		Dehiscencia		Período de mayor dehiscencia (Días desde antesis)	Total semillas producidas/panoja
	%	Num	%	Num		
2017-2018	35,21	23,8	±64,79	43,8	35-42 DDA	67,6 b
2018-2019	55	51,33	±45	42,73	35-42 DDA	94,06 ab
2019-2020	62,8	86	±37,2	25	42-49 DDA	111 a

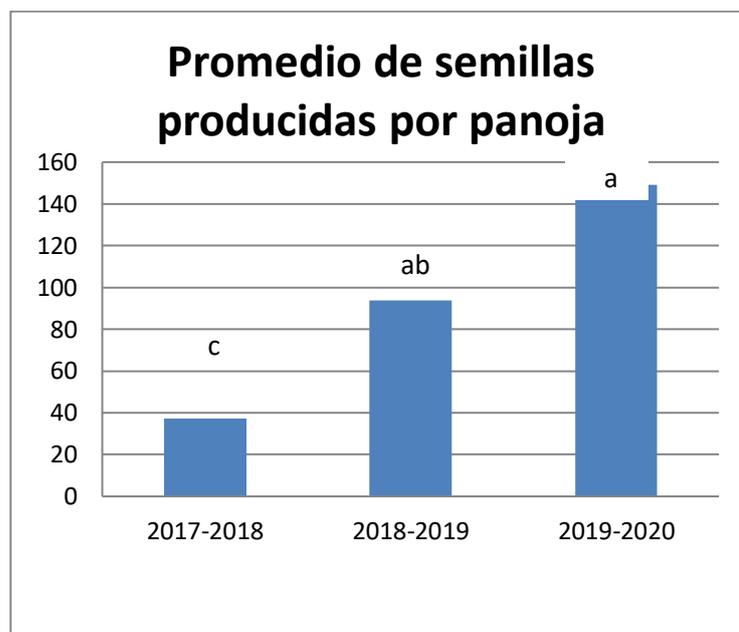
A lo largo de los tres períodos analizados fue aumentando la producción de semillas de una manera significativa (Figura 15), esto pudo deberse al pequeño tamaño de las plantas recientemente implantadas y a un bajo contenido de reservas en las mismas en el primer año de producción.

Por otro lado, la dehiscencia fue disminuyendo (Figura 16) desde el primero hasta el tercer año, por lo cual el porcentaje de retención de semillas por parte de las panojas fue aumentando (Figura 17).

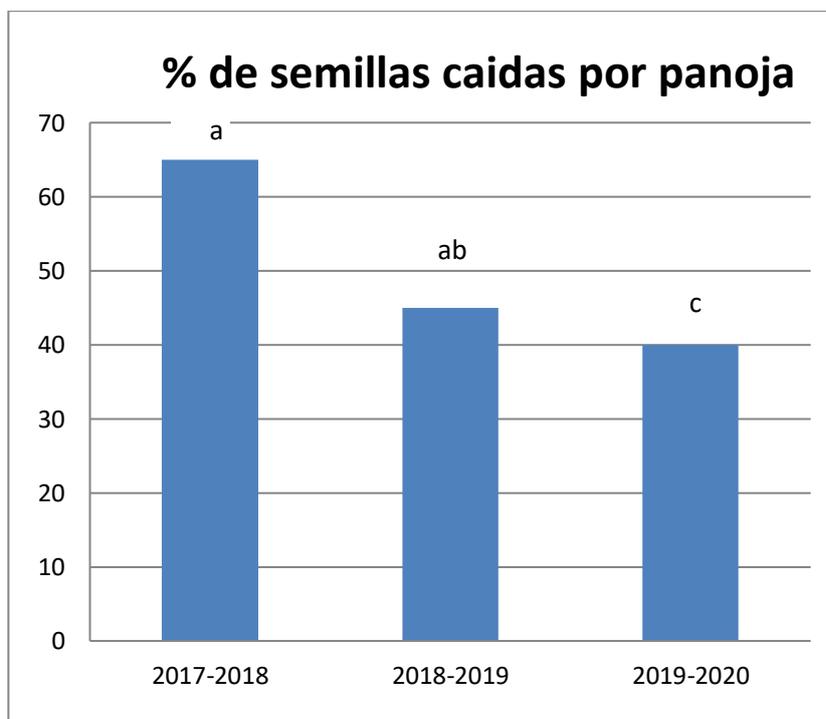
Si bien la retención aumentó, nos encontramos con un escenario donde el porcentaje de retención no superó al 60%, aún en condiciones óptimas para que la retención sea mayor, ya que como antes se mencionó, las plantas fueron cultivadas en condiciones controladas, en un invernáculo, y no

estuvieron expuestas a condiciones adversas que puedan haber aumentado la dehiscencia, esto nos indica, que estamos en presencia de una especie que, como ya se mencionó anteriormente, no ha sido mejorada genéticamente, ya que conserva sus rasgos silvestres (Baioni, 2021).

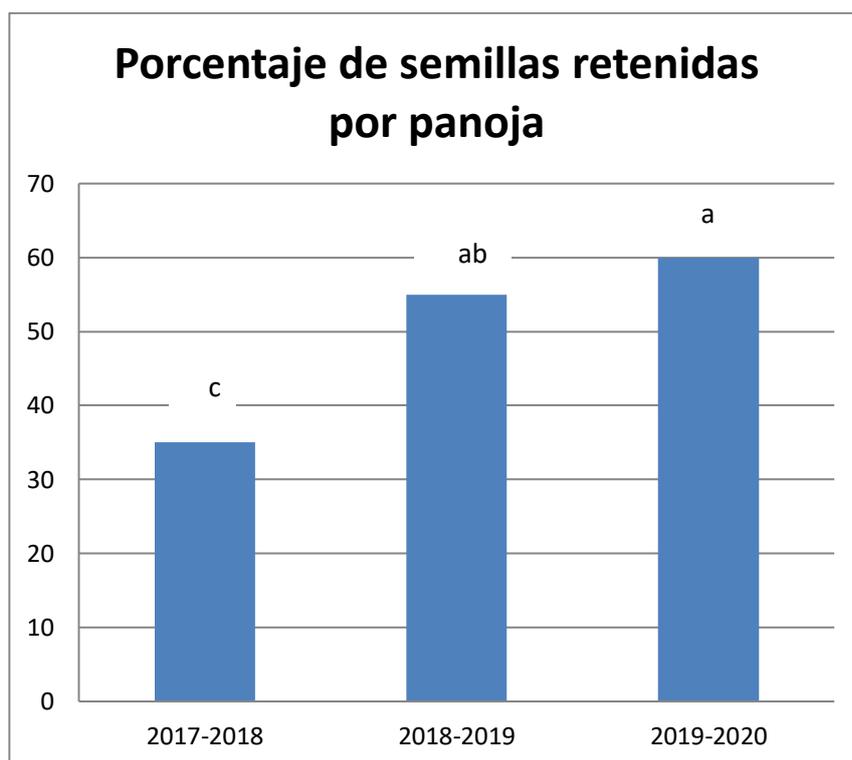
**Figura 15.** Promedio de semillas producidas por panoja en los 3 períodos evaluados.



**Figura 16.** Porcentaje de dehiscencia de semillas por panoja.



**Figura 17.** Porcentaje de semillas retenidas por panoja



## 1.2 EVALUACIONES REALIZADAS EN SEMILLAS

### **PESO DE 1000 SEMILLAS.**

Como se mencionó anteriormente, la mayor cantidad de semillas caídas se registraron entre los días 35 y 49 después de la antesis, pero mediante la evaluación del peso de las semillas, se pudo observar que el mayor peso se detectaba en aquellas que tenían un desprendimiento más tardío, principalmente las recolectadas entre los 49 y 56 DDA, por lo que se puede deducir que una mayor acumulación de reservas conduce a un mayor peso de las semillas otorgando una mayor oportunidad de quedar retenidas en la panoja (Baioni, 2021).

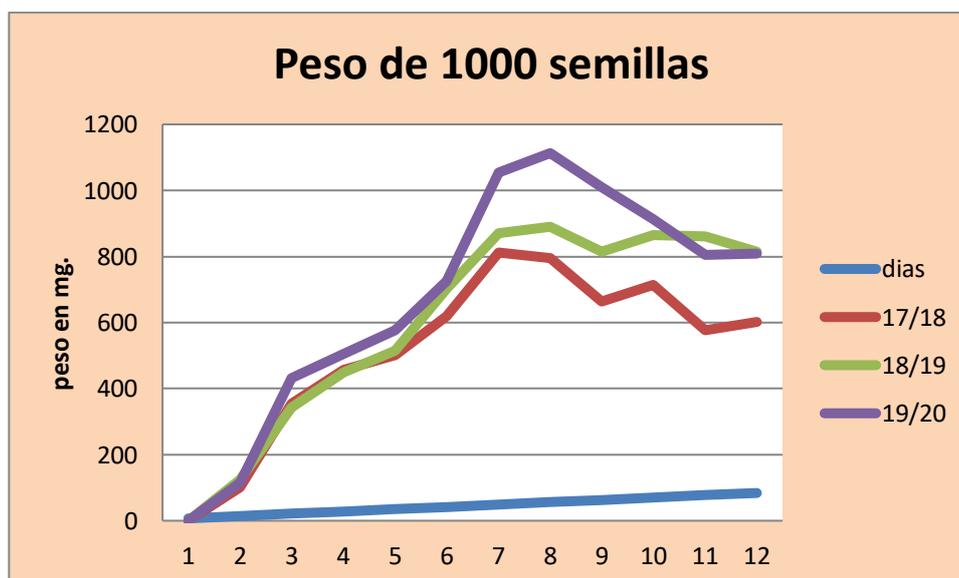
En cambio, en las cosechas posteriores al día 56 DDA, el peso de las semillas comenzaba a descender, como se observa en el período 2017-2018 (Tabla 3), mientras que en los períodos 2018-2019 no se observan diferencias significativas.

Tal como se esperaba, a medida que pasaron los años, en los 3 períodos analizados, el peso de las semillas fue aumentando gradualmente (Figura 18), lo que podemos atribuir a un mayor estado de desarrollo de la planta, así como una mejor eficiencia en la asimilación de carbono y su distribución (Tomás, *et al* 2016).

**Tabla 3.** Peso de 1000 semillas en los tres periodos analizados.

DDA	Peso de 1000 semillas		
	17/18	18/19	19/20
7	0	0	0
14	102	125	114
21	354	342	432
28	457	450	505
35	501	515	576
42	620	703	726
<b>49</b>	<b>812</b>	<b>870</b>	<b>1055</b>
<b>56</b>	<b>795</b>	<b>890</b>	<b>1113</b>
63	663	815	1010
70	714	865	914
77	576	860	805
84	602	814	808

**Figura 18.** Peso de 1000 semillas expresado en mg en los tres períodos analizados.



## ENSAYOS DE GERMINACIÓN:

Se realizaron ensayos de poder germinativo de las semillas recolectadas. A partir de los 35-42 DDA, fue mayor al 20%, y ,llegó a su máximo en los 42 a 56 DDA, y luego se mantuvo, con una pequeña caída del mismo. Este patrón no se modificó a lo largo de los 3 años analizados (Tabla 4) (Figura 19).

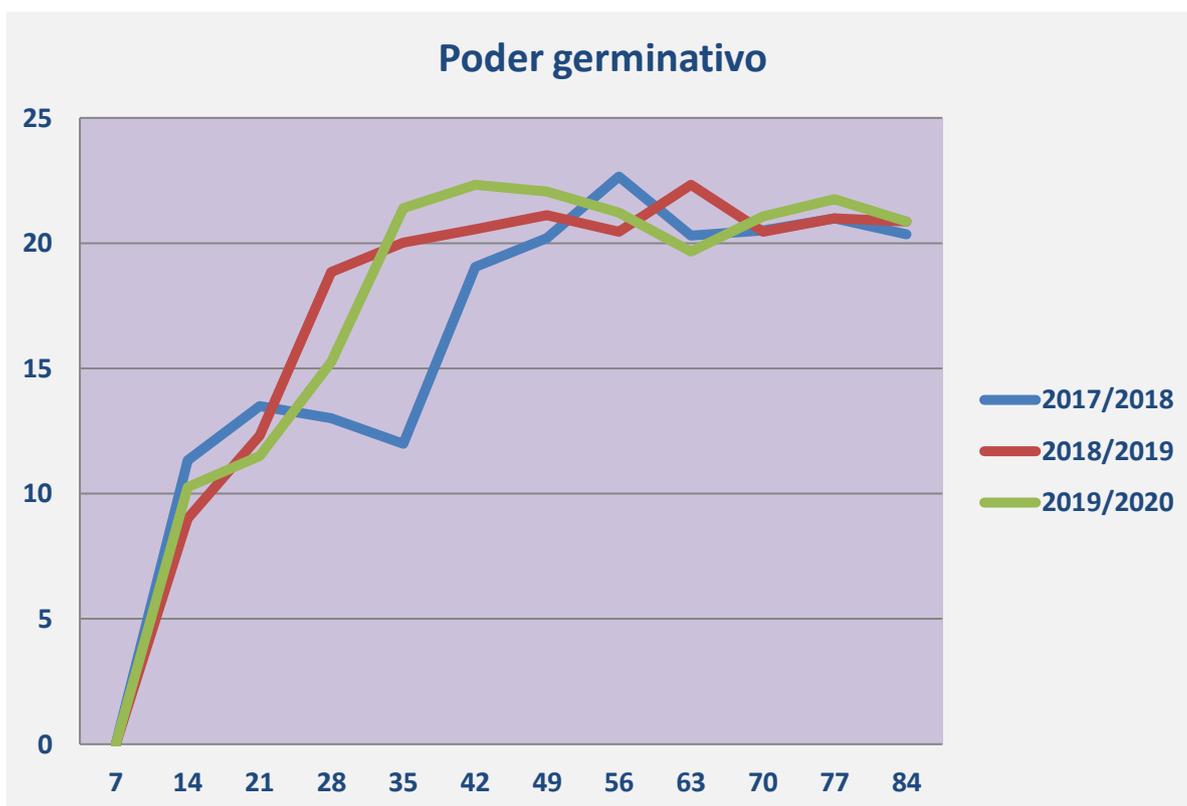
El bajo poder germinativo en las fechas anteriores, a los 35 DDA puede deberse a la existencia de semillas vanas o inmaduras, que no habían completado su desarrollo, y por lo tanto, fueron incapaces de germinar.

Cabe aclarar que el poder germinativo de las semillas de *Panicum coloratum* es muy bajo luego de ser cosechadas, debido a que presentan dormición primaria. Por tal motivo el ensayo de germinación se realizó 6 meses después de la cosecha final, para evitar resultados bajos de germinación a causa de la dormición de las semillas (Giordano et al, 2013, Valdéz, 2020).

**Tabla 4.** Poder germinativo (%) a lo largo de los tres años evaluados

Días después de antesis	Poder germinativo %		
	2017/2018	2018/2019	2019/2020
7	0	0	0
14	11,33	9	10,25
21	13,5	12,33	11,5
28	13,02	18,85	15,26
35	12	20,03	21,4
<b>42</b>	<b>19,05</b>	<b>20,55</b>	<b>22,33</b>
<b>49</b>	<b>20,2</b>	<b>21,11</b>	<b>22,05</b>
<b>56</b>	<b>22,66</b>	<b>20,45</b>	<b>21,21</b>
63	20,3	22,33	19,66
70	20,5	20,45	21,07
77	21	21	21,75
84	20,36	20,87	20,87

**Figura 19.** Poder germinativo expresados en porcentaje en los tres periodos evaluados.



### ENSAYOS DE VIABILIDAD:

La evaluación de la viabilidad, permitió complementar los resultados de germinación. Es decir, aunque el poder germinativo no dio resultados elevados, se demostró que la mayoría de las semillas eran viables entre los días 28 y 84 después de antesis, indicando que, si bien la semilla no logró germinar, fue debido a una dormición primaria, los valores más bajos de viabilidad se obtuvieron en las fechas anteriores, y se relacionan con que la semilla no había completado su desarrollo (Tabla 5).

Por lo tanto, podemos asumir que las semillas de ésta especie poseen dormición primaria, y que el grado de dormición no estaría relacionada con la dehiscencia o retención de semillas en la planta, por eso independientemente de la retención, el porcentaje de viabilidad no varió luego del día 35, cuando llegó al 100%, y se mantuvo a lo largo de las siguientes cosechas durante los 3 años.

**Tabla 5.** Porcentaje de viabilidad de las semillas en los tres períodos analizados

Días después de la antesis	Viabilidad %		
	2017/2018	2018/2019	2019/2020
7	0	0	0
14	75,25	66,6	60,14
21	70,33	73,6	100
<b>28</b>	<b>100</b>	<b>97,25</b>	<b>85,2</b>
<b>35</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>42</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>49</b>	<b>98,6</b>	<b>100</b>	<b>95,5</b>
<b>56</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>98,66</b>
<b>63</b>	<b>99</b>	<b>94,06</b>	<b>100</b>
<b>70</b>	<b>100</b>	<b>97</b>	<b>100</b>
<b>77</b>	<b>94,6</b>	<b>100</b>	<b>85,22</b>
<b>84</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Con los datos de viabilidad y poder germinativo, (Tabla 4 y 5) podemos decir que las semillas alcanzan su máximo porcentaje de viabilidad a partir del día 35 después de antesis, por lo que la mayor cantidad de semillas estarían completamente desarrolladas. Sin embargo, al analizar los datos del poder germinativo, encontramos que para esa fecha fue menor al máximo, que recién se obtuvo entre los días 42 y 56 DDA, por lo tanto, esas semillas tenían un mayor grado de dormición que fue disminuyendo gradualmente, y a eso se debe la diferencia en el poder germinativo, más allá de tener un mismo valor de viabilidad.

A partir de esos datos, podemos llegar a la conclusión que el mejor momento para realizar la cosecha de las semillas de mijo perenne sería entre los días 42 y 56 después de antesis, cuando la semillas tienen mayor peso de 1000, cuentan con un buen poder germinativo y la viabilidad es cerca del 100%.

Pero, como ya se mencionó, en *Panicum coloratum* es muy difícil identificar el momento en el cual la semilla llega a su madurez fisiológica, lo que conlleva a otro problema junto con los descriptos anteriormente, como la madurez desuniforme de las semillas, la alta dehiscencia, el bajo poder germinativo, y la dormición de las mismas. Por todos estos inconvenientes se

justifica la baja comercialización de la semilla, más allá de los beneficios que presenta para ser utilizada como forraje.

### **1.3. EVALUACIÓN DE PANOJAS**

Paralelamente con la recolección de semillas en las trampas, se cortaron panojas que no se encontraban en trampas (recipientes) y se herborizaron las mismas. Posteriormente se fotografiaron e identificaron los sectores donde se encontraban retenidas las semillas en las inflorescencias.

Hasta los 21 días después de la antesis, no se pudo determinar el lugar donde se produjo la dehiscencia de las semillas, ya que el desprendimiento de semillas fue muy bajo (2 semillas por panoja).

Desde el día 28 hasta el día 49 después de la antesis, se evaluaron las panojas, con la ayuda de una lupa binocular para observar las regiones donde quedaban cicatrices por el desprendimiento de las semillas, y se analizaron dividiendo a la panoja en tres sectores, sector inferior, sector medio y sector superior.

La mayor cantidad de semillas retenidas en todos los años fue en el sector medio, sector en el cual se encontraban la mayor cantidad de espiguillas fértiles debido a la forma romboidal de la inflorescencia, y fue incrementándose la cantidad de semillas retenidas año a año, en concordancia con un mayor desarrollo de las plantas, y por ende, una mayor producción.

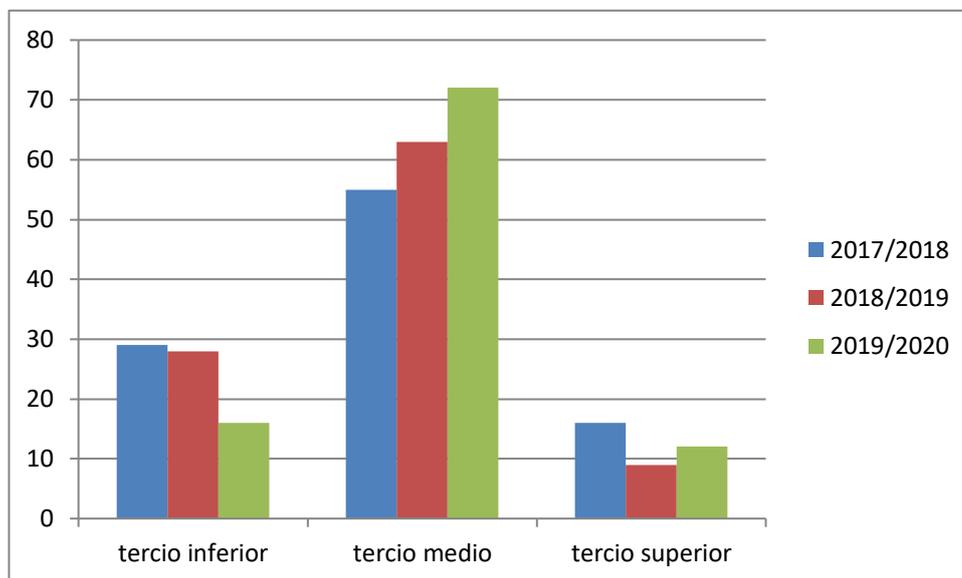
La menor cantidad de semillas retenidas que se correspondería a la mayor dehiscencia fue en la parte superior de las panojas, lo que podría deberse a que ésta especie tiene maduración basípeta (Baioni, 2021).

El sector basal de la inflorescencia cercano al raquis, también retuvo menos que el tercio medio (Figura 20).

En el registro fotográfico que figura como anexo, se presentan imágenes de las semillas trilladas, de las panojas cortadas y herborizadas en cada fecha. Puede verse que a partir de los 28 días después de antesis comienza a

aparecer una mayor cantidad de semillas maduras, caracterizadas por su cubierta seminal de color marrón oscuro.

**Figura 20.** Porcentaje de semillas retenidas por panoja, en cada una de las muestras recolectadas y herborizadas en los tres períodos analizados.



## **CONCLUSIÓN**

El mijo perenne, una especie con bajo poder germinativo y dificultades para implantarse, presenta una maduración despareja o asincrónica de las espiguillas en la panoja, baja retención de frutos y dormición primaria de sus semillas, ya que aún conserva rasgos silvestres. El momento ideal de cosecha de esta pastura sería cuando simultáneamente se obtenga una elevada retención junto con semillas de mayor peso, de esa forma se podrían obtener mejores rendimientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, ese momento coincide, entre los días 42 y 56 después de la antesis, preferentemente entre los días 42 y 49, ya que, además, en ese lapso las semillas presentan un alto poder germinativo.

La evaluación a lo largo de tres períodos posteriores a la implantación demostró que hubo un aumento progresivo en la producción y retención de semillas por la panoja. Esto indica que puede ser necesario más de un año para tener un adecuado rendimiento de semillas.

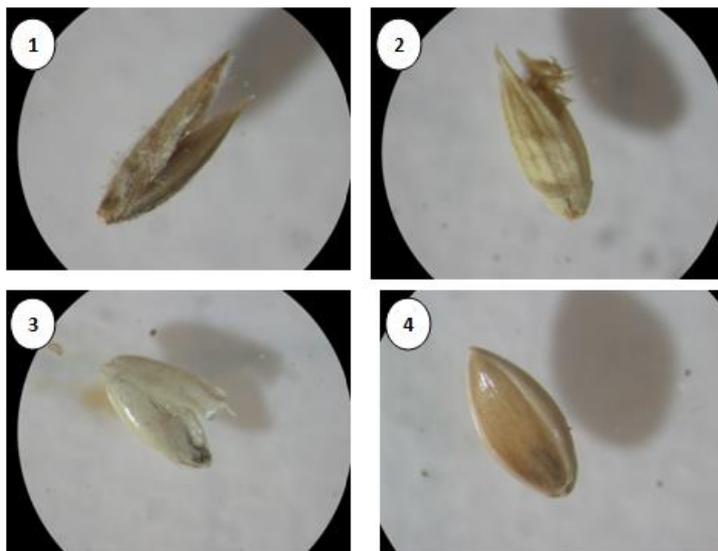
Los resultados obtenidos a lo largo del trabajo permiten aceptar la hipótesis propuesta, ya que se demostró que el mijo presenta un reducido índice de cosecha, bajo poder germinativo y pobre eficiencia de implantación debidos principalmente a la madurez asincrónica de sus semillas. Además, estas dificultades resultan un obstáculo para determinar el momento óptimo de cosecha.

La información que aporta esta investigación puede ser de utilidad para optimizar la cosecha de semillas de mijo perenne, y para posibles tareas de mejoramientos, ya que se han identificado rasgos poco deseables. Sin embargo, se debe tener siempre en cuenta que los ensayos fueron realizados bajo condiciones controladas, por lo cual, a campo podrían obtenerse resultados algo diferentes debido al efecto del ambiente, en especial sobre la maduración y retención de semillas en condiciones naturales.

# ANEXO

## Archivo fotográfico del material recolectado en el ensayo de retención de semillas.

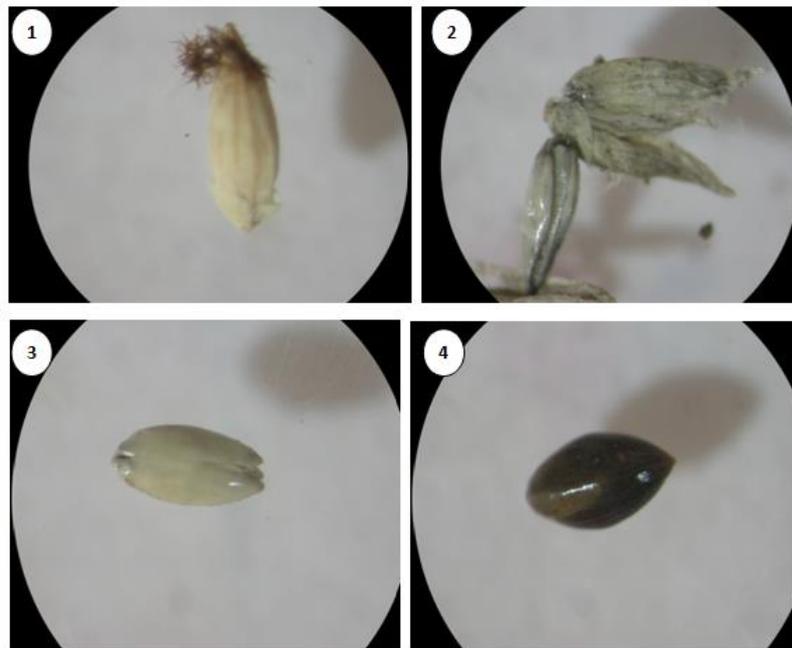
**Figura 21.** Estructuras recolectadas 21-02-2018. **Imagen 1.** se observan las glumas y glumelas. **Imagen 2.** Se pueden ver las anteras que sobresalen de las glumas y glumelas. **Imagen 3.** Semilla en formación, que no completó su llenado completo. **Imagen 4.** Se encontró una semilla que no presenta su color característico de madurez, por lo tanto, si bien la semilla se encuentra en un estado de formación más avanzado que la imagen 3, la semilla es aún inmadura.



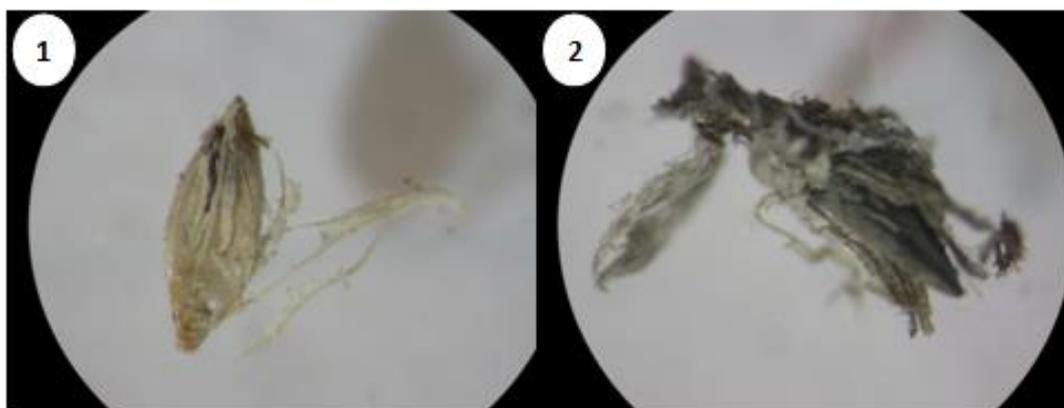
**Figura 22.** Estructuras recolectadas 9-03-2018. **Imagen 1.** Se ven las glumas que pueden contener una semilla en formación. **Imagen 2.** Las glumas se encuentran vacías. **Imagen 3.** Las glumas semi-abiertas, presentan una semilla en formación. **Imagen 4.** Semilla en período de llenado, inmadura.



**Figura 23.** Estructuras recolectadas 21-03-2018. **Imagen 1.** Se pueden observar las glumas y las anteras presentes. **Imagen 2.** Las glumas separadas, muestran la semilla en formación. **Imagen 3.** Se observa una semilla en formación, inmadura. **Imagen 4.** Se puede diferenciar la semilla madura, con su pigmentación característica en el tegumento.



**Figura 24.** Estructuras recolectadas 13-04-2018. **Imagen 1.** Se observan las glumas de una semilla en formación deterioradas. **Imagen 2.** Se encuentran anteras. En esta oportunidad, en la última recolección de estructuras sobre las gasas, no se observó la presencia de semillas retenidas en las gasas.



## Imágenes de panojas:

**Figura 25.** Imágenes de panojas cosechadas 1-3-17. Se puede observar en la primer imagen, una gran cantidad de semillas, pertenecientes al sector medio de la panoja, y sobre todo un excedente de estructuras reproductivas, que se desprenden de la panoja, estructuras que aún no han formado la semilla.



**Figura 26.** Imágenes de panojas cosechadas el 24-3-2017, se puede observar que, si bien las panojas en el tercio inferior no evidencian la presencia de semilla, la porción media y superior si las, contienen. Se ve claramente en las primeras tres fotografías, la diferencia en la maduración de las semillas, al mismo momento de cosecha. En la primer imagen se ve la semilla madura, mientras que en la segunda se la puede ver aún inmadura con sus glumas, y en la tercera imagen, un estadio más inmaduro aún.



**Figura 27.** Imágenes de panojas cosechadas 14-4-2017. En este caso se observa con total claridad la diferencia en la maduración de las semillas. Y con respecto al posicionamiento de las mismas, se puede determinar que no se encuentran semillas en la porción inferior de la panoja.



**Figura 28.** Imágenes de panojas cosechadas 18-5-2017. Se siguen observando diferencias en la maduración de las semillas, pero en este caso, predominan las semillas con mayor coloración marrón, es decir semillas maduras.



**Figura 29.** Imágenes de panojas recolectadas 19-06-2017. Se distinguen las semillas maduras y alguna inmadura, y se ve claramente la panoja con mayor cantidad de semillas en la porción media de la inflorescencia.



**Figura 30.** Imágenes de panojas cosechadas 17-7-2017. Se observan las semillas maduras y las panojas que retienen en la parte media la mayor cantidad de semillas.



# BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz Ariza, F. J. 2012. Salinidad y vegetación. Geobotánica, tema 18 (versión 11 de marzo de 2012) Universidad de Murcia, España.
- Armando, L.V. 2014. Caracterización morfológica y molecular de *Panicum coloratum* var. *makarikariense*. Gossens. Tesis doctoral. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.
- Azcón Bieto, J. y Talón, M. Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2da Edición. 2013. McGraw-Hill Interamericana de España, S. L. Publicacions I Ediciones de la Universitat de Barcelona. 669 pp
- Baioni, S.; Fioretti, M.N. 2016. Mejora en la implantación de mijo perenne (*Panicum coloratum*) en el sudoeste bonaerense. Departamento de agronomía, Universidad Nacional del Sur.
- Baioni, S. 2021. Implantación de *Panicum coloratum*: acondicionamiento pregerminativo, tolerancia a la deficiencia de agua y salinidad, evaluación de la maduración y retención de semillas. Tesis de Magister. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.
- Bandera, R.; Bertram, N.; Cicacchiera, S.; Ferri, J.M. ; Galíndez, G.; Lauric M.A.; Malagrina, G.M.; Otondo, J.; Petruzzi, H.J.; Stritzler, N.P.; y Torres Carbonell, C. 2014. Las gramíneas forrajeras megatérmicas en la región templada de Argentina. Cuadernillo técnico INTA.
- Bavera, G.A y Peñafort, C.H. Cursos de Producción bovina de carne, FAV UNRC, 2007. En [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Blum, A. 1989. Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress. Crop. Science 29, 230-235.
- Borrajo, C. 2011. Siembra de pastura subtropical. INTA. EEA Mercedes. Hoja informativa N° 50.
- Burson, B. L. 1980. Warm-season grasses. p. 695-708. In W.R. Fehr and H.H. Hadley (Ed.) Hybridization of crop plants. CSSA and ASA, Madison, WI
- Cardinali, F. J., Orioli, G. A. y Pereyra V. R. 1985. Comportamiento de dos híbridos de girasol a bajas densidades de siembra. Rev. Fac. de Agronomía 6: 131-139

- Cuthbertson, E. G. 1970. *Chondrilla juncea* in Australia. 3. Seed maturity and other factors• affecting germination and establishment. Aust. J. Exp. Agric. An. Husb. 10 (42): 62 – 66.
- Guía de Trabajos Practicos Fisiología Vegetal UNS.
- Di Rienzo, J. A. y Romero, M. C. 2012. Un paquete R para el cálculo de medias ajustadas para Modelos Lineales y Lineales Generalizados Mixtos. X Congreso Latinoamericano de Sociedades de Estadística.
- Ferri, C.; Strizler, N. P.; Pagella, H. J. 2008. Tasa de aparición de hojas durante tres temporadas de crecimiento en *Panicum coloratum* L. cv Verde. Revista Argentina de Producción Animal. Vol 28 (3): 193:200
- Giordano, M.; Berone, G. y Tomás, M. A. 2013. Selection by seed weight improves traits related to seedling establishment in *Panicum coloratum* L. var. makarikariense. Plant Breeding 1-5.
- Golberg, A.D.; Ruiz,M.; Quiroga,A. y Fernández, O.A. 2011. ¿Qué le sucede a un cultivo cuándo no llueve? Ediciones INTA.
- Gould, F. W. y Shaw, R. B. 1983. Grass systematics, 2nd Ed. Texas A&M University Press, College Station.
- Hernández, L. F. y Orioli, G. A. 1992. Incidencia del número de frutos cosechables en la determinación del potencial de rendimiento del cultivo de girasol. Proceder Agrotecnológico 4: 56-63
- Hutchison, D.J; Bashaw, E.C. 1964. Cytology and reproduction of *Panicum coloratum* and related species.
- Hu, H.; Mauro-Herrera, M. y Doust, A. N. 2018. Domestication and Improvement in the Model C4 Grass, *Setaria*. Front. Plant Sci.
- International Seed Testing Association. 1976. Reglas Internacionales para ensayos de semillas. Ministerio de Agricultura, España. 185 pp.
- Lauric, A.; Torres Carbonell, C.; De Leo, G.; Marinissen, A.; Cerdá,C.; Baioni,S.; Fioretti,M y Comezaña,M. 2014. Relevamiento de calidad de semillas de mijo perenne (*Panicum coloratum*) en la zona de Bahía Blanca para el ajuste de las densidades de siembra en los sistemas regionales. Agencia de extensión Bahía Blanca- Estación Experimental Agropecuaria Bordenave.

- Lee, S. 2007. Plant growth regulators and shattering control in cool-season perennial grasses. Tesis de Master of Science (M.S.), Oregon State University.
- Lemke, B. M.; Gibson, L. R.; Knapp, A. D.; Dixon, P. M. Moore, K. J. y Hintz, R. 2003. Maximizing seed production in Eastern gamagrass. *Agronomy J.* Vol. 95 (4): 863-869.
- Levitt, J. 1972. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Academic Press, New York and London.
- Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*, Second Edition, Vols I and II. Academic Press, New York and London.
- Maina, M., Armando, L., Tomás, M. A. y Berone, G. 2012. Efectos directos e indirectos de caracteres morfológicos sobre la producción de semillas en *Panicum coloratum* var. *makarikariense*. Jornadas Latinoamericanas de Recursos Genéticos, Mejoramiento y Biotecnología de Especies Forrajeras. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. P48, p. 129.
- Maina, M. 2012. Variabilidad en caracteres relacionados a la producción de semilla en poblaciones de *Panicum coloratum* var. *makarikariense*. Tesis de Magister. UNR-INTA. 82 pp.
- Mengato, E. A. 2014. Estudio de las estrategias de implantación y de la calidad forrajera en pasto llorón y mijo perenne. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Trabajo de intensificación.
- Milthorpe, F. L. y Moorby, J. 1979. *An introduction to crop physiology*. 2nd. Edition. Cambridge University Press, N.Y.
- Moore, K. J.; Moser, L. E.; Vogel, K. P.; Waller, S. S.; Johnson, B. E. y Pedersen, J. F. 1991. Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agron. J.* Vol. 83 (6): 1073-1077.
- Munns, R. y Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
- Nilsen, E.T. y Orcutt, D.M. 1996. *Physiology of plants under stress*. Abiotic factors. John Wiley and Sons, New York.
- Petruzzi, H.J; Strizler , N.P; Adema, E.O; Ferri, C.M y Pagella, J.H. 2003- Mijo perenne. Publicación técnica N°51. EEA Anguil. Ediciones INTA.

- Rossetti, S. 2014. Análisis de factores que afectan la germinación de semillas de *Panicum coloratum*. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina.
- Stritzler N.P. 2008. Producción y calidad nutritiva de especies forrajeras megatérmicas. Conferencia en el 31° Congreso Argentino de producción Animal. Potrero de los Funes, San Luis.
- Taiz, L y Zeiger, E. 2006. Plant Physiology, Fourth Edition. Sinauer Associates, Inc.
- Tomás, M. A.; Giordano, M. C., Cardamone, L.; Pilatti, V. y Armando, L. 2016. Mejoramiento genético de *Panicum coloratum* var. *makarikariense*. Editorial: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Santa Fe. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Revista de Información Técnica de Producción Animal. ISSN: 2314- 3126.
- Torres Carbonell, C. 2012. Cómo producir carne en regiones semiáridas? 2009.
- Torres Carbonell, C. 2014. Boletín Informativo Programa Forrajero Campaña 2010-2011, Plan de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense.
- Valdéz, H. 2020. Manejo y prácticas agronómicas para la producción de semillas forrajeras• subtropicales. Disponible en URL: <https://www.youtube.com/watch?v=B73ae5M4ggA&t=26s>
- Vasicek, J. P. y Renzi, J. P. 2014. Situación actual y manejo de agropiro, pasto llorón y mijo• perenne en Villarino y Patagones. Publicación INTA. EEA H. Ascasubi. UNS- Departamento de Agronomía.
- Vaughan, D. A.; Balázs, E. y Heslop-Harrison, J. S. 2007. From Crop Domestication to Superdomestication. Ann. Bot. 100 (5): 893–901.
- Young, B. A. y Tischler, C. R. 1994. Recurrent selection for greater shoot mass modifies• seed mass and seedling vigour in kleingrass. Seed Sci. Tech. 22: 467-475.