

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR-DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA  
TRABAJO DE INTENSIFICACIÓN PROFESIONAL PARA OPTAR AL GRADO  
ACADÉMICO DE INGENIERO AGRÓNOMO



---

# GERMINACIÓN E IMPLANTACIÓN EN MIJO PERENNE

---

Evaluación de tratamientos de acondicionamiento de  
semillas

AUTORA:

Lourdes María Martínez

DOCENTE TUTOR:

Mg. Sandra Baioni

DOCENTES CONSEJEROS:

Lic. María Nélica Fioretti

Dra. Soledad Ureta

**Diciembre 2022**

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional del Sur y en especial al Departamento de Agronomía por su calidad tanto en la enseñanza como humana.

A Sandra por permitirme realizar esta tesina, por su predisposición y tiempo brindado.

A los docentes consejeros, Mariela y Sole, por su apoyo, paciencia y correcciones realizadas.

A mis papás por acompañarme siempre y alegrarse tanto o más que yo en cada paso de esta carrera.

A mis hermanas, Serena y María Jesús, por vivir la carrera conmigo. Jesu gracias por tomarme antes de un examen siempre que te pedí y Sere por ayudarme en la realización de este trabajo. Son las mejores

A los amigos que me llevo de esta carrera, que sin ellos no hubiera sido igual. En especial a mis chicas, compañeras de horas y horas de estudio, videollamadas, cursadas, mates, festejos, y más... este logro es de todas. Gracias por cada momento compartido a lo largo de esta carrera, hoy transformados en hermosas anécdotas.

A mis amigas del colegio por ser incondicionales y ayudarme a desconectar cuando lo necesitaba.

A Mili y Cami, las de siempre, gracias por escucharme y estar ahí para mí en las buenas y en las no tan buenas.

A mi familia, tías y tíos, por estar siempre dispuestos a darme una mano.

A todos...

**GRACIAS!!!**

# Índice General

Resumen.....	5
1. Introducción.....	6
1.1 El Sudoeste Bonaerense.....	6
1.2 Pasturas perennes megatérmicas.....	8
1.3 El mijo perenne.....	10
1.3.1 Taxonomía y origen.....	10
1.3.2 Morfología.....	11
1.3.3 Uso e importancia en la región del Sudoeste bonaerense.....	12
1.4 Acondicionamiento o <i>priming</i> de semillas.....	14
2. Hipótesis.....	18
3. Objetivos.....	18
4. Materiales y Métodos.....	19
4.1 Evaluación de la respuesta del mijo perenne al acondicionamiento durante la germinación.....	20
4.2 Evaluación de la respuesta de mijo perenne al acondicionamiento de semillas durante la implantación.....	24
4.3 Análisis estadístico.....	26
5. Resultados y Discusión.....	27
5.1 Evaluación de la respuesta del mijo perenne al acondicionamiento durante la germinación.....	27
5.2 Evaluación de la respuesta de mijo perenne al acondicionamiento de semillas durante la implantación.....	31
5.2.1 Emergencia.....	32
5.2.2 Evaluaciones de crecimiento durante la implantación.....	33
5.2.3 Contenido relativo de agua (CRA).....	38
6. Conclusión.....	40
7. Bibliografía.....	42
8. Anexo.....	45

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Mapa de la región del sudoeste bonaerense (Ferrelli, 2020). .....	6
<b>Figura 2:</b> Semillas con distinto grado de madurez, glumas y estigmas (Adaptado de Baioni S., 2015). .....	11
<b>Figura 3:</b> Imágenes superiores corresponden a <i>Panicum coloratum</i> var. <i>coloratum</i> cv Verde. A: planta verde brillante. B: lámina con pelos. C: zona ligular. Imágenes inferiores corresponden a <i>Panicum coloratum</i> var <i>makarikariense</i> cv Bambatsi. A: planta verde glauco intenso. B: zona ligular. (Adaptado de Martinat <i>et al</i> , 2013). .....	12
<b>Figura 4:</b> Esquema del proceso de absorción de agua por semillas en germinación. ....	15
<b>Figura 5:</b> Muestra de semillas de mijo perenne (Izquierda). Escala de tamaño: diámetro de la moneda de 2 cm (Derecha). .....	19
<b>Figura 6:</b> Ensayo de PG en la cámara de germinación.....	20
<b>Figura 7:</b> Preparación de la solución de PEG 6000 en el laboratorio. ....	21
<b>Figura 8:</b> Osmómetro Wescor modelo Vapro 5520.....	21
<b>Figura 9:</b> <i>Priming</i> de semillas.....	22
<b>Figura 10:</b> Semillas de mijo perenne ya acondicionadas secándose hasta peso constante. ....	23
<b>Figura 11:</b> Ensayo de germinación en la cámara. ....	23
<b>Figura 12:</b> Ensayo de implantación. ....	25
<b>Figura 13:</b> Porcentaje de germinación de semillas de mijo perenne ante distintos métodos de preacondicionamiento para la combinación de 12 hs y 20°C. ....	29
<b>Figura 14:</b> Porcentaje de germinación de semillas de mijo perenne ante distintos métodos de preacondicionamiento para la combinación de 24 hs y 20°C. ....	29
<b>Figura 15:</b> Porcentaje de germinación de semillas de mijo perenne ante distintos métodos de preacondicionamiento para la combinación de 12 hs y 25°C. ....	30
<b>Figura 16:</b> Porcentaje de germinación de semillas de mijo perenne ante distintos métodos de preacondicionamiento para la combinación de 24 hs y 25°C. ....	30
<b>Figura 17:</b> Tiempo de emergencia para cada pretratamiento .....	32
<b>Figura 18:</b> N° de hojas por planta para los distintos tratamientos de riego y acondicionamiento. .	33
<b>Figura 19:</b> Plantas acondicionadas con doble <i>priming</i> 1. Izquierda regada con 9 dSm <sup>-1</sup> y derecha regada con 25% CC.....	34
<b>Figura 20:</b> Altura (cm) de las plantas para los distintos tratamientos de riego y acondicionamiento. ....	35
<b>Figura 21:</b> Plantas cuyas semillas recibieron doble <i>priming</i> 1 (arriba) y sin <i>priming</i> (abajo) sometidas a los tratamientos de deficiencia hídrica y salinidad.....	36
<b>Figura 22:</b> Peso seco aéreo (mg) de las plantas para los distintos tratamientos de riego y acondicionamiento. ....	37

<b>Figura 23:</b> Contenido relativo de agua (CRA).....	38
---	----

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Especies y cultivares de pasturas megatérmicas más utilizadas en el SO bonaerense (Adaptado de De León M., 2008).....	9
<b>Tabla 2:</b> Comparación de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS; en %) y contenido de proteína bruta (PB; en %) (Adaptado de Stritzler, 2008). .....	13
<b>Tabla 3:</b> Tratamientos de <i>priming</i> empleados.....	22
<b>Tabla 4:</b> Tratamientos aplicados en el ensayo de implantación. ....	25
<b>Tabla 5:</b> Porcentaje de germinación (%) obtenido en cada tratamiento.....	27
<b>Tabla 6:</b> Análisis estadístico del porcentaje de germinación en semillas de mijo perenne tras la aplicación de <i>priming</i> ante diferentes combinaciones de tiempo y temperatura. Diferentes letras indican diferencias significativas con LSD Fisher ( $p>0,05$ ).....	45
<b>Tabla 7:</b> Análisis estadístico del ensayo de implantación para plántulas obtenidas de semillas con y sin <i>priming</i> . Los tratamientos fueron déficit hídrico y salinidad. La variable analizada fue: n° de hojas. Diferentes letras indican diferencias significativas con LSD Fisher ( $p>0,05$ ). .....	45
<b>Tabla 8:</b> Análisis estadístico del ensayo de implantación para plántulas obtenidas de semillas con y sin <i>priming</i> . Los tratamientos fueron déficit hídrico y salinidad. La variable analizada fue: altura. Diferentes letras indican diferencias significativas con LSD Fisher ( $p>0,05$ ). .....	46
<b>Tabla 9:</b> Análisis estadístico del ensayo de implantación para plántulas obtenidas de semillas con y sin <i>priming</i> . Los tratamientos fueron déficit hídrico y salinidad. La variable analizada fue: peso seco aéreo. Diferentes letras indican diferencias significativas con LSD Fisher ( $p>0,05$ ). .....	47
<b>Tabla 10:</b> Análisis estadístico del ensayo de implantación resultante de combinar los pretratamientos de <i>priming</i> y los distintos tratamientos de déficit hídrico y salinidad. La variable analizada fue: peso seco aéreo. Diferentes letras indican diferencias significativas con LSD Fisher ( $p>0,05$ ). .....	48

## Resumen

El *Panicum coloratum* var. *Coloratum* (nv. mijo perenne) es una especie forrajera megatérmica con cualidades muy interesantes para integrar los planteos forrajeros del Sudoeste Bonaerense. Sin embargo, su bajo poder germinativo y problemas durante la implantación limitan su utilización entre los productores.

Se realizaron tratamientos de *priming* a las semillas con el objetivo de evaluar su performance durante la germinación e implantación y frente a condiciones de estrés hídrico y salinidad.

El *priming* aumentó significativamente la germinación de las semillas de mijo sobre todo cuando se aplicó a 20 °C durante 12 hs.

Cuando se evaluaron los beneficios del *priming* durante la implantación se evidenció que el acondicionamiento de semillas mejora el crecimiento de las plantas.

Todas las plantas redujeron su tamaño ante condiciones de deficiencia hídrica y salinidad independientemente del método de acondicionamiento empleado. Sin embargo, aquellas tratadas con doble *priming* mostraron un mejor comportamiento.

Durante la implantación, el déficit de agua afectó más negativamente que la salinidad.

Estos resultados evidencian la efectividad de la técnica de *priming* tanto para aumentar el porcentaje de germinación de las semillas de mijo perenne como su comportamiento durante la implantación y frente a condiciones de estrés hídrico y salino, tan comunes en el Sudoeste Bonaerense.

Sería sumamente interesante realizar estudios a campo para seguir evaluando los efectos beneficiosos del *priming* no sólo como una vía para mejorar el comportamiento agronómico, sino también como un medio para aumentar la germinación, establecimiento y los rendimientos minimizando el uso de agroquímicos.

# 1. Introducción

## 1.1 El Sudoeste Bonaerense

La región del Sudoeste Bonaerense comprende unos 6,5 millones de hectáreas lo que representa el 25% de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Esta región posee características climáticas y edáficas propias que le otorgan potencialidades y limitantes para la producción agropecuaria (Plan de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense, Honorable Cámara de Diputados de la Pcia. De Buenos Aires, 2012) (Figura 1).

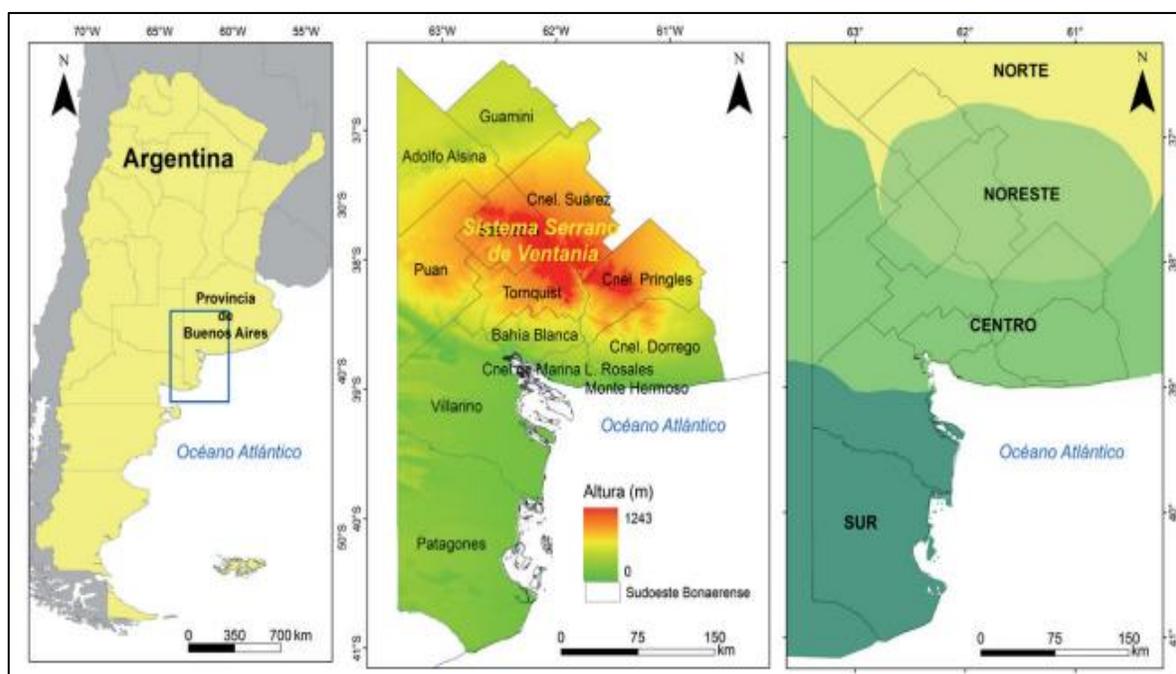


Figura 1: Mapa de la región del sudoeste bonaerense (Ferrelli, 2020).

El clima de la región es subhúmedo seco con una temperatura media anual de 15,4°C, siendo la temperatura media del mes más cálido (enero) de 23,3°C y la del mes más frío (julio) de 8,2°C. El número promedio de días con heladas es de 35, encontrándose las mismas más frecuentemente en los meses de junio, julio y agosto, aunque las otoñales y primaverales resultan las más perjudiciales para los cultivos. La fecha media de la primera helada es el 20 de abril y de la última el 8 de octubre, con una variación de  $\pm 23$  días (Ferreira, 2021).

Los vientos predominantes son del sector noroeste (NO), y la estación más ventosa es el verano con una velocidad media de 24 km/h. En los meses de abril-mayo-junio se registran las menores velocidades, mientras que en el período primavero-estival existe una mayor probabilidad de alcanzar vientos erosivos (Bouza, 2014).

Las precipitaciones presentan un amplio rango de variación entre 350 y 750 mm anuales, que corresponden a los valores más bajos de la provincia. Existe una gran diferencia normal de las lluvias entre estaciones y, además, se manifiestan oscilaciones entre años, lo que ocasiona que algunos sean de extrema sequía y otros de lluvias excepcionales. A su vez, en un mismo año es posible observar grandes variaciones dentro del período de lluvias con respecto a su patrón habitual, lo que ocasiona cortos períodos de sequía (De León, 2008).

Los suelos de la región se caracterizan por ser poco profundos con escasa fertilidad y susceptibles a la erosión, lo que, sumado a las pocas prácticas de manejo sustentables y a la variabilidad climática antes mencionada, resulta en una combinación de factores que favorecen la erosión y la degradación tanto química por pérdida de materia orgánica y nutrientes, como física por compactación y pérdida de estabilidad estructural (Krüger *et al.*, 2019).

Teniendo en cuenta todas estas características se deduce que las principales limitaciones para la producción agropecuaria en la región están dadas por la erraticidad de las precipitaciones, el bajo índice productivo de los suelos, presencia de tosca cerca de la superficie, entre otras. Debido a esto la ganadería extensiva ha sido y es una de las principales actividades (Baioni, 2021).

En las últimas décadas ha ocurrido el corrimiento de la ganadería desde zonas con suelos de mayor potencialidad agrícola hacia zonas donde el suelo era ocupado con pastizales naturales y de muy baja productividad ganadera (como era el caso del SO bonaerense). Esto resultó en el desarrollo de nuevos sistemas de producción que aseguren un margen productivo y sustentable (De León, 2008).

Los pastizales naturales de la región normalmente presentan una baja producción forrajera, ocasionada en gran parte por su estado de degradación, lo cual se traduce en una baja receptividad en cuanto a carga animal y además impone al ganado restricciones nutricionales que generan una productividad individual mucho menor de la que potencialmente se podría obtener (De León, 2008).

Por lo mencionado precedentemente es que se incluyen en la alimentación ganadera cultivos anuales tales como avena, cebada y centeno, principales verdeos de invierno, junto con el sorgo como especie estival, y en menor proporción pasturas naturales y rastrojos de cosecha. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos cultivos anuales exigen mayores costos y labores.

De aquí surge la necesidad de incluir pasturas perennes en los planteos ganaderos de la región ya que las mismas aumentarían la disponibilidad de pasto al complementar y combinar al campo natural y así asegurar una oferta forrajera estable a lo largo del año. También, ayudarían a disminuir la erosión y los costos, lo que redundaría en menores riesgos productivos y ambientales.

La incorporación de pasturas perennes provee una serie de ventajas, en especial sobre el suelo; la pastura produce una mejora en las propiedades químicas, físicas y biológicas, preservando el recurso y permitiendo realizar una producción sostenible en el tiempo. Por sus características de producción de biomasa aérea y distribución de raíces, garantizan la reposición de carbono orgánico a través de los microorganismos del suelo, mejoran el uso del agua e incrementan los nutrientes disponibles para los cultivos. Esto, sumado a la acción física de sus raíces y al mantenimiento de una cobertura total del suelo a lo largo de todo el año, mejora significativamente las propiedades físicas y químicas, reduciendo los procesos de erosión y recuperando la calidad del suelo (Forján y Manso, 2017).

En tal contexto, en las últimas décadas, se ha difundido la siembra de pasturas perennes. Entre las mismas podemos encontrar algunas de origen templado y otras tropicales o subtropicales, también denominadas megatérmicas (Baioni *et al*, 2015).

## 1.2 Pasturas perennes megatérmicas

Las gramíneas megatérmicas son originarias de climas subtropicales y tropicales y tienen la particularidad de presentar la ruta metabólica C4 para la fotosíntesis, como complemento del Ciclo de Calvin (C3).

La fotosíntesis es un proceso complejo que se puede dividir en dos fases: fotoquímica y bioquímica. En la primera, la energía luminosa es transformada en energía química (ATP y NADPH) y en la segunda, se sintetiza glucosa mediante la fijación de (CO<sub>2</sub>) en combinación con la energía química generada en la primera fase. Como resultado de

este proceso la planta obtiene compuestos orgánicos necesarios para su crecimiento y se libera oxígeno (O<sub>2</sub>) como subproducto (Azcón Bieto y Talón, 2013).

Para la fase bioquímica, debido a condiciones climáticas adversas, las plantas han evolucionado y desarrollado mecanismos diferenciales para la asimilación del CO<sub>2</sub>. La ruta C4 evita la fotorespiración y les permite a las plantas tener una mayor eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno, mayor crecimiento y eficiencia en la fotosíntesis a altas temperaturas, y menores tasas de transpiración. Es por esto que, en ambientes con temperaturas elevadas, sequía y salinidad, las especies C4 tendrán ventajas competitivas frente a las C3 (Azcón Bieto y Talón, 2013).

Como la disponibilidad de pasto es más baja durante el verano, en los últimos años ha habido un incremento de la superficie implantada con pasturas megatérmicas perennes para uso forrajero. La inclusión de estas especies permite complementar y aumentar la oferta de alimento mientras que otros lotes podrían recuperarse (Baioni, 2021).

Para lograr un mejoramiento de estos sistemas ganaderos mediante la implantación de pasturas, se debe considerar en primer lugar cuáles son las especies forrajeras megatérmicas que se adaptan a las distintas zonas de esta gran región y que han demostrado persistencia y aptitud para mejorar la producción de forraje. Todas las especies forrajeras subtropicales perennes que hoy están disponibles fueron introducidas, pero provienen de distintos procesos a través de los cuales se han ido incorporando como pasturas (De León, 2008).

Las especies megatérmicas actualmente más utilizadas para las distintas zonas de la región semiárida del país se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Especies y cultivares de pasturas megatérmicas más utilizadas en el SO bonaerense (Adaptado de De León M., 2008).

Especie	Principales cultivares
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Texas
<i>Chloris gayana</i>	Diploides, Tetraploides
<i>Panicum máximum</i>	Gatton panic, Green panic
<i>Panicum coloratum</i>	Verde, Bambatsi
<i>Brachiaria brizantha</i>	Marandú, Mulato
<i>Digitaria eriantha</i>	Irene
<i>Eragrostis curvula</i>	Tanganika, Ermelo, Morpa

Existen ciertas características que deben ser tenidas en cuenta a la hora de elegir la especie megatérmica adecuada a cada situación productiva particular; algunas de ellas son: resistencia a la salinidad, demanda de nutrientes, sensibilidad a la sequía, plasticidad en la adaptación a distintos tipos de suelos, adaptación a anegamientos temporarios, comportamiento frente a las heladas, entre otras (De León, 2008). Todas estas características mencionadas son de gran relevancia debido a las características edafoclimáticas de la región.

El pasto llorón (*Eragrostis curvula*) es una gramínea forrajera perenne de gran productividad y rusticidad muy difundida y estudiada en la región semiárida, sin embargo, la limitación que presenta es que decae su calidad nutritiva a medida que avanza su ciclo productivo, por lo que su utilización o transferencia en invierno como forraje diferido no lo hace oportuno (Petruzzi *et al*, 2003).

En la búsqueda de alternativas de otra especie estival es donde aparece el mijo perenne (*Panicum coloratum* L.), que ya ha logrado una importante difusión en la región, y se espera una mayor adopción en el futuro.

### 1.3 El mijo perenne

#### 1.3.1 Taxonomía y origen

El *Panicum coloratum* (nv. mijo perenne), es una gramínea forrajera largamente perenne de crecimiento primavero-estival, nativa de la sabana africana y adaptada a zonas templado-cálidas a tropicales. Es una especie de las llamadas megatérmicas C4, que se destacan por su gran eficiencia a la hora de captar altas intensidades de energía solar y en la utilización del agua (Vasicek *et al.*, 2020).

Es perteneciente a la tribu de las Paníceas y en la Argentina hay dos variedades de relevancia: *coloratum* y *makarikariense*. Dentro de la primera, el cultivar más conocido es “Verde” obtenido en los Estados Unidos en 1982. El mismo se caracteriza por su resistencia a heladas y sequía, atributos que lo posicionan como el cultivar que mejor se adapta a las condiciones del sudoeste bonaerense. Por otro lado, para la variedad *makarikariense*, el cultivar más difundido es “Bambatsi” (Petruzzi *et al*, 2003).

### 1.3.2 Morfología

Puede alcanzar una altura desde 80 cm hasta más de 1 metro. Las hojas son densas de color verde a verde azulado con un largo de aproximadamente 30 cm. Presenta panojas laxas con una longitud de 6 - 25 cm, con espiguillas de color verde y púrpura. Las semillas son de color marrón oscuro cuando maduran, de aproximadamente 2 mm, siendo las mimas la forma de dispersión más común (Figura 2). Además, esta especie presenta la capacidad de emitir raíces cuando los nudos entran en contacto con el suelo (Petruzzi *et al*, 2003).



Figura 2: Semillas con distinto grado de madurez, glumas y estigmas (Adaptado de Baioni S., 2015).

Para diferenciar los cultivares antes mencionados morfológicamente hay que tener en cuenta que “Bambatsi” presenta las hojas verde glauco intenso y, además, mientras que las hojas de “Verde” poseen pelos esparcidos a lo largo de los bordes y en el haz, las láminas de “Bambatsi” son glabras. Otra característica es que “Verde” posee su lígula pilosa y “Bambatsi” ciliada (Achilli, 2017) (Figura 3).

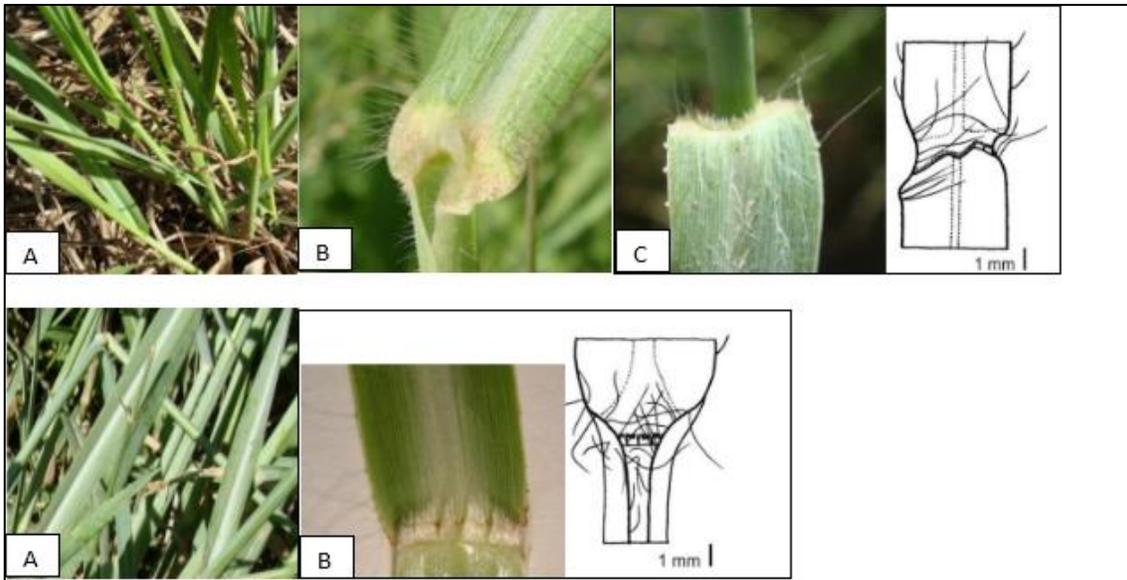


Figura 3: Imágenes superiores corresponden a *Panicum coloratum* var. *coloratum* cv Verde. A: planta verde brillante. B: lámina con pelos. C: zona ligular. Imágenes inferiores corresponden a *Panicum coloratum* var. *makarikariense* cv Bambatsi. A: planta verde glauco intenso. B: zona ligular. (Adaptado de Martinat *et al*, 2013).

### 1.3.3 Uso e importancia en la región del Sudoeste bonaerense

Esta especie posee varias características relevantes para su utilización como forraje en el Sudoeste bonaerense. Entre las mismas se destacan que puede adaptarse a suelos de baja fertilidad, de diversas texturas e incluso prospera en aquellos que poseen tosca cerca de la superficie. A su vez, se caracteriza por su resistencia a sequía y heladas, este último aspecto es característico de la *var. coloratum* cultivar “Verde”, tolerando heladas de hasta  $-18^{\circ}\text{C}$ , situación que lo ubica como el cultivar que mejor se adapta a las condiciones de la región pampeana semiárida, y lo convierte en el más difundido (Vasicek *et al.*, 2020).

En cuanto a su uso como forraje la productividad del mijo perenne es una de sus cualidades sobresalientes y su calidad nutritiva va a depender de la etapa de crecimiento siendo máxima en la época primavera-estival (Petruzzi *et al.*, 2003).

En la Tabla 2 se presenta la comparación entre el pasto llorón (*Eragrostis curvula*) y el mijo perenne (*Panicum coloratum*) en cuanto a calidad nutritiva.

Tabla 2: Comparación de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS; en %) y contenido de proteína bruta (PB; en %) (Adaptado de Stritzler, 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

A partir del otoño tanto la producción de forraje como su calidad nutritiva comienzan a decaer en ambas especies, sin embargo, *Panicum coloratum* demostró mantener niveles más altos de digestibilidad y proteína bruta en comparación con *Eragrostis curvula*, la principal gramínea forrajera megatérmica utilizada en la región (Stritzler, 2008).

Así, por ejemplo, en establecimientos del SOB que emplean gramíneas perennes, generalmente se suelen encontrar lotes sembrados con agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*), una especie templada, y otros lotes con pasto llorón. La producción de biomasa de estas especies se complementa y establece una secuencia, que es: agropiro – pasto llorón. El mijo perenne puede aparecer reemplazando al pasto llorón o complementando al mismo en una secuencia tal: agropiro – pasto llorón – mijo perenne. Este último tiene su pico de producción y aporta biomasa verde cuando las otras dos especies se encuentran diferidas (Torres Carbonell, 2012).

A pesar de que el mijo perenne es valorado como se señaló anteriormente, los productores encuentran algunas limitaciones a la hora de implantar esta pastura. La implantación suele ser un proceso complejo y lento, en el cual existen riesgos y dificultades asociadas a: semillas muy pequeñas, con bajo poder germinativo y presencia de dormición (Vasicek *et al.*, 2020).

La dormición es un estado interno de la semilla que impide su germinación aun en condiciones adecuadas. Esto dificulta la emergencia uniforme y ocasiona inconvenientes en el establecimiento de la pastura (Crecovich y Ruíz, 2012).

Sin embargo, hay que destacar que, inmediatamente cosechada, el porcentaje de germinación puede ser muy bajo, a causa de la dormición, pero el mismo se incrementa con el tiempo y es máximo a los 6 meses de cosechada la semilla. Además, el mijo perenne posee una alta capacidad de resiembra natural, y así, potreros que en el año de

implantación no fueron logrados por completo, en los siguientes años logran completar el stand ideal de plantas (Petruzzi *et al.*, 2003).

El bajo poder germinativo de las semillas de mijo podría estar asociado a la maduración desuniforme de las mismas dentro de las panojas y/o a su pequeño tamaño y bajo contenido de reservas (Baioni *et al.*, 2015, 2021)

A las dificultades antes mencionadas hay que sumarle posibles problemas por excesiva profundidad de siembra, limitantes de los suelos y competencia de malezas (Petruzzi *et al.*, 2003).

Como conclusión el mijo perenne es una alternativa forrajera con cualidades muy interesantes para los establecimientos agropecuarios de producción de carne de la región. Es una especie muy plástica que puede integrar cadenas forrajeras tanto para los sistemas de producción de cría, recría e invernada. Además, puede contribuir alternando su producción de pasto con el campo natural para mejorar la oferta forrajera. Sin embargo, los problemas durante la implantación limitan su utilización entre los productores.

Para lograr una mayor adopción de esta especie en la región resulta sumamente importante estudiar y mejorar las etapas de germinación e implantación del cultivo para hacerlas menos desfavorables permitiendo un alto stand de plantas en el primer año (Baioni *et al.*, 2015).

#### 1.4 Acondicionamiento o *priming* de semillas

Una emergencia rápida y sincronizada, y un rápido crecimiento inicial del cultivo son esenciales para un buen establecimiento de la pastura. El proceso de germinación puede ser dividido en tres pasos: imbibición, fase lag y, por último, la protrusión radical (Figura 4).

La imbibición con agua es un fenómeno físico que ocurre por difusión. Durante el mismo, la diferencia de potencial agua entre el suelo (alto) y la semilla (bajo) crea un gradiente de entrada de agua. Este ingreso de agua, desencadena la síntesis de nuevas enzimas y la activación de procesos metabólicos.

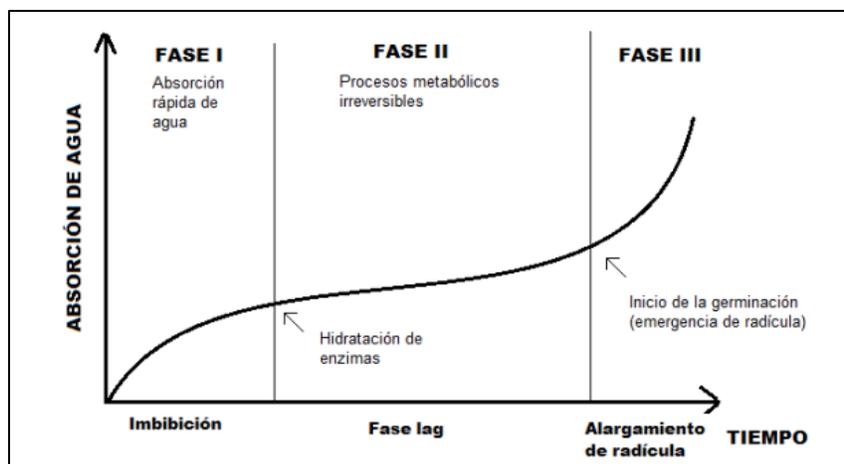


Figura 4: Esquema del proceso de absorción de agua por semillas en germinación.

Se ha demostrado que hasta la Fase II la germinación es reversible. En la naturaleza, las semillas pueden hidratarse y deshidratarse nuevamente, permaneciendo viables hasta que aparezcan las condiciones adecuadas de temperatura y humedad y germinar definitivamente. Con el nuevo ingreso de agua, la actividad metabólica se reanuda con mayor velocidad y, por ende, el establecimiento de la plántula será más rápido y uniforme. Esto ocurre porque al rehidratarse parcialmente los constituyentes celulares, las macromoléculas comenzarán a restaurarse, por lo que la semilla se encontrará con sus estructuras parcialmente reorganizadas al momento de comenzar la germinación (Baioni, 2021).

Desde la antigüedad, el hombre ha intentado imitar estos procesos naturales y se han probado diversos tratamientos físicos y fisiológicos que apuntaban a aumentar el vigor y así mejorar la germinación. Por ejemplo, hay reportes de pre-acondicionamiento con agua de mar, publicados por Darwin (1855).

Hoy en día estos tratamientos artificiales realizados sobre las semillas se conocen como *priming* o acondicionamiento y son técnicas que pueden aplicarse durante la fase reversible de la germinación y activan procesos metabólicos iniciados durante esta fase (Raj y Raj, 2019). Permiten lograr mayor velocidad e uniformidad en la germinación y se recomiendan especialmente para aumentar el vigor, en particular la energía germinativa, por eso también se los ha denominado técnicas de invigorización (Baioni, 2021).

Las semillas se hidratan para iniciar la germinación, pero el suministro de agua es controlado hasta un nivel inferior al necesario para completarla. Aunque algunos cambios

metabólicos tienen lugar dentro de la semilla durante el *priming*, no son suficientes para inducir la protrusión radical (Jisha y Puthur, 2014). Después de esta hidratación, las semillas deben ser secadas hasta peso constante.

Cuando las condiciones del tratamiento son favorables, durante el acondicionamiento se producen cambios bioquímicos, como: movilización de reservas, la activación y síntesis *de novo* de algunas enzimas, síntesis de ADN y ARN, reconstitución de las membranas, aumento de la fluidez del citoplasma, disminución de radicales libres y compuestos con efecto competitivo en las rutas metabólicas, entre otros. Debido al efecto de algunos de estos cambios, las semillas que componen el lote tendrán un estado metabólico relativamente uniforme (Tamborelli y Fiant, 2020).

Existe una extensa revisión bibliográfica donde se describen los procesos que se ven influidos durante el *priming*, como se mencionó anteriormente. Sin embargo, muchos autores señalan que hay cuestiones sin resolver sobre el origen de la estimulación del crecimiento. Aunque los beneficios del *priming* han sido evidentes en la práctica, el modo exacto en el que las semillas se comportan mejor ha sido sobre todo correlativo, ya que resulta muy compleja la observación de los procesos *in situ* (Blunk *et al*, 2019).

Dado que las semillas están fisiológicamente más cerca de la germinación, es de esperar que aquellas sometidas a tratamientos de acondicionamiento muestren una tasa de germinación mejorada, una germinación uniforme y una emergencia temprana tras la imbibición posterior. Además, las plántulas presentarán una mayor tolerancia al estrés abiótico, mayor resistencia a patógenos y habilidad competitiva contra malezas (Raj y Raj, 2019).

A lo largo del tiempo se han aplicado satisfactoriamente diferentes técnicas de acondicionamiento de semillas, como: *halopriming*, *quimiopriming*, *matriopriming*, *termopriming*, *hidropriming*, *osmopriming*, *hormopriming* y el *biopriming*, para mejorar la germinación de varios cultivos (Raj y Raj, 2019).

Aunque ya se han realizado varios experimentos para investigar el efecto del *priming* en el rendimiento de la germinación de semillas de cultivos de importancia comercial, se han hecho menos estudios sobre la aplicación del mismo para especies forrajeras, como es el caso del mijo perenne.

Seleccionar el método adecuado es muy dependiente de la especie a tratar, del lote de semillas, su vigor, entre otros (Mirmazloum *et al*, 2020). Según la bibliografía existente,

para el *priming* de semillas de gramíneas, se han utilizado sobre todo el *matrimpriming* y el *osmopriming* obteniendo buenos resultados (Qadir *et al*, 2018).

El *osmopriming* es una técnica de acondicionamiento comúnmente adoptada y se pueden emplear una gran variedad de productos químicos tales como  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ , polietilenglicol (PEG) y manitol. Entre ellos, el PEG es el más utilizado y estudiado debido a que es químicamente inerte, no daña los embriones de las semillas ni las proteínas, y no penetra en los tejidos debido a su gran tamaño molecular. En general, el potencial osmótico de las soluciones es del rango -1 a -2 MPa pero puede variar dependiendo de la especie utilizada y la duración del tratamiento. Debido al bajo potencial hídrico, la semilla absorbe el agua lentamente, lo que permite la imbibición de la semilla y la activación de las primeras fases de la germinación, pero dificulta la protrusión radical (Raj y Raj, 2019).

Como ya se mencionó, en la región del Sudoeste bonaerense se dan condiciones climáticas adversas como: sequía, salinidad, temperaturas extremas, etc. El estrés osmótico (sequía y salinidad) causa cambios bioquímicos, fisiológicos y metabólicos que terminan con afectar la implantación y posterior productividad (Jisha y Puthur, 2014). Con el tratamiento de *osmopriming*, las soluciones osmóticas se utilizan con el objetivo de reducir los daños oxidativos.

En el presente trabajo, que resulta de la continuación de un proyecto en el cual se han evaluado distintas técnicas de acondicionamiento de semillas de mijo perenne, se evaluaron los efectos de las soluciones de  $\text{CaCl}_2$ , ácido ascórbico y PEG como reactivos de *osmopriming* sobre la germinación de las semillas de mijo perenne y la implantación.

## 2. Hipótesis

- El acondicionamiento de las semillas de *Panicum coloratum* var. *Coloratum* cv. “Verde” mejora tanto la germinación como la implantación; y le otorga a las plantas mayor tolerancia a condiciones limitantes durante su desarrollo.

## 3. Objetivos

- Evaluar la eficiencia de diferentes tratamientos de acondicionamiento para el cultivar Verde de *Panicum coloratum* var. *Coloratum* (nv. mijo perenne) sobre la germinación y la implantación.
- Analizar la efectividad del acondicionamiento sobre la tolerancia a condiciones de deficiencia hídrica y salinidad durante la implantación.

## 4. Materiales y Métodos

Para realizar los ensayos de acondicionamiento, se utilizaron semillas de *Panicum coloratum* var. *Coloratum* del cultivar “Klein Verde” provista por el INTA Bahía Blanca ubicado en San Andrés 800, dentro del campus de Palihue de la UNS (Figura 5).

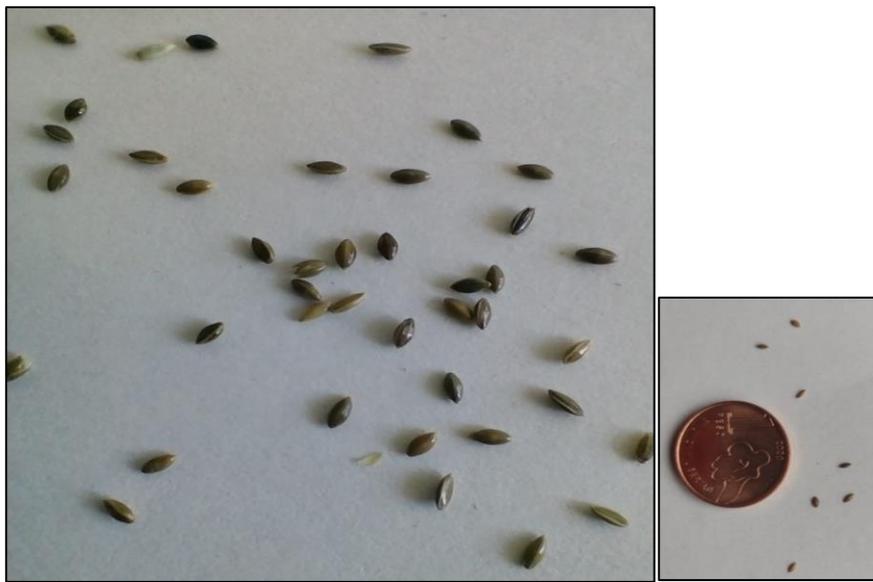


Figura 5: Muestra de semillas de mijo perenne (Izquierda). Escala de tamaño: diámetro de la moneda de 2 cm (Derecha).

Todos los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Agronomía de la UNS, en la ciudad de Bahía Blanca durante el año 2022.

Previamente a la realización de los tratamientos de acondicionamiento se evaluó el poder germinativo (PG) del lote de semillas no peleteadas. Para ello se empleó la cámara de germinación a una temperatura de 30 °C debido a que según varios autores es la óptima para la germinación de esta especie (Baioni, 2021).

Se hicieron dos pruebas de PG y para cada una de ellas se emplearon 5 cajitas tipo Petri de plexiglás con 50 semillas cada una y 5 ml de agua destilada. El conteo de germinación fue realizado diariamente durante una semana, aproximadamente, para determinar la energía germinativa y reflejar el porcentaje de semillas más vigorosas (Figura 6).

El valor de PG obtenido fue 19% y coincide con lo informado en ensayos previos. Cabe mencionar que dicho PG fue bajo, sin embargo, el INASE permite comercializar esta especie con valores no inferiores al 15% (Baioni, 2021).



Figura 6: Ensayo de PG en la cámara de germinación.

#### 4.1 Evaluación de la respuesta del mijo perenne al acondicionamiento durante la germinación

En función de los resultados obtenidos en ensayos previos, se aplicaron dos tipos de acondicionamientos de semillas: *hidropriming* y *osmopriming*. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con una estructura factorial de tratamientos 10 x 2 x 2. El primer factor correspondió al agente imbibitorio (agua destilada y 3 tipos de solutos a 3 concentraciones distintas); el segundo factor correspondió al tiempo de imbibición (12 y 24 horas) y el tercero, a las dos temperaturas evaluadas (20 y 25 °C).

Para los ensayos de *osmopriming* se probaron 3 solutos, siendo los mismos:

- Polietilenglicol 6000 (PEG 6000) con potenciales osmóticos de -0,5, -1 y -1,5 MPa.
- Cloruro de Calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) al 1%, 2% y 5%.
- Ácido ascórbico al 5%, 10% y 20%.

La preparación de las soluciones fue realizada en el Laboratorio de Fisiología Vegetal.

Para obtener las soluciones de PEG 6000 se procedió de acuerdo a la técnica descrita por Michel y Kaufmann (1973) (Figura 7), y para ajustar el potencial osmótico de las disoluciones se utilizó un osmómetro Wescor modelo Vapro 5520 (Figura 8).



Figura 7: Preparación de la solución de PEG 6000 en el laboratorio.

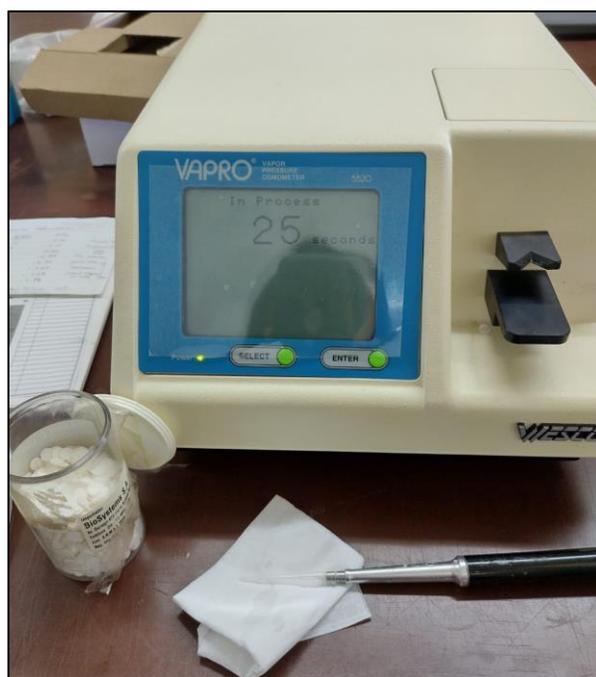


Figura 8: Osmómetro Wescor modelo Vapro 5520.

Los acondicionamientos fueron aplicados en distintas combinaciones de tiempo y temperatura con el fin de obtener la duración y la temperatura más efectivos para el *priming* de las semillas de mijo perenne, ya sea con agua destilada (*hidropriming*, HP) o con el uso

de los solutos antes mencionados (*osmoprining*, OP) (Tabla 3). Para cada tratamiento se realizaron 4 repeticiones (cajitas plásticas) con 50 semillas cada una, las cuales se pusieron a embeber con 5 ml de la solución correspondiente (Figura 9).

Tabla 3: Tratamientos de *priming* empleados.

PRETRATAMIENTOS	20°		25°	
	12 hs	24 hs	12 hs	24 hs
	<b>HP</b>	1	2	3
<b>OP PEG -0,5 MPa</b>	5	6	7	8
<b>OP PEG -1 MPa</b>	9	10	11	12
<b>OP PEG -1,5 MPa</b>	13	14	15	16
<b>OP CaCl<sub>2</sub> 1%</b>	17	18	19	20
<b>OP CaCl<sub>2</sub> 2%</b>	21	22	23	24
<b>OP CaCl<sub>2</sub> 5%</b>	25	26	27	28
<b>OP ac ascórbico 5%</b>	29	30	31	32
<b>OP ac ascórbico 10%</b>	33	34	35	36
<b>OP ac ascórbico 20%</b>	37	38	39	40



Figura 9: *Priming* de semillas.

Luego de aplicar los tratamientos, las semillas se dejaron secar sobre toallas de papel absorbente a temperatura ambiente hasta peso constante (Figura 10) y finalmente se realizó el ensayo de germinación de las semillas ya acondicionadas.



Figura 10: Semillas de mijo perenne ya acondicionadas secándose hasta peso constante.

El ensayo de germinación se realizó de la forma descrita anteriormente, pero, en este caso, los conteos se efectuaron diariamente durante 2 semanas (Figura 11).



Figura 11: Ensayo de germinación en la cámara.

Finalizado el conteo, se calculó el porcentaje de germinación para cada tratamiento.

## 4.2 Evaluación de la respuesta de mijo perenne al acondicionamiento de semillas durante la implantación

Esta prueba se llevó a cabo en condiciones semicontroladas en el invernáculo del Departamento de Agronomía de la UNS con el objetivo de evaluar el comportamiento de plántulas provenientes de semillas con y sin *priming* durante la implantación y frente a condiciones de estrés abiótico.

Se decidieron ensayar los pretratamientos que tuvieran los mayores porcentajes de germinación luego de los acondicionamientos. Los mismos, fueron: *osmopriming* con PEG 6000 -0,5 MPa y con CaCl<sub>2</sub> 1% (ambos a 20 °C durante 12 hs). Además, se sometió a una parte de estas semillas a un doble ciclo de *priming* para probar si al realizarlo se obtenía un mejor resultado que con un único ciclo.

Por lo tanto, se utilizaron semillas pre-tratadas con:

- Control: semillas sin pre-tratamiento.
- Simple *priming*: PEG 6000 -0,5 MPa 12 hs – 20°C
- Simple *priming*: CaCl<sub>2</sub> 1% 12 hs – 20°C
- Doble *priming* 1: 1° ciclo de PEG 6000 -0,5 MPa 12 hs – 20°C y un 2° ciclo de CaCl<sub>2</sub> 1% 12 hs – 20°C
- Doble *priming* 2: 1° ciclo de CaCl<sub>2</sub> 1% 12 hs – 20°C y un 2° ciclo de PEG 6000 -0,5 MPa 12 hs – 20°C

Para evaluar el comportamiento diferencial de las semillas con y sin *priming* frente a condiciones de estrés, se las sometió a deficiencia de agua y diferentes niveles de salinidad. Los tratamientos realizados se resumen en la Tabla 4. El diseño experimental fue al azar con 4 repeticiones (macetas) por tratamiento.

Tabla 4: Tratamientos aplicados en el ensayo de implantación.

TRATAMIENTO	Doble- <i>priming</i> I	Doble- <i>priming</i> II	Simple- <i>priming</i> (PEG 6000 -0,5 12 hs – 20°C)	Simple- <i>priming</i> (CaCl <sub>2</sub> 1% 12 hs – 20°C)	Sin <i>priming</i>
Control: CC y 0 dS.m <sup>-1</sup>	1	2	3	4	5
Estrés hídrico: 50% CC	6	7	8	9	10
Estrés hídrico: 25% CC	11	12	13	14	15
Salinidad: 3 dS.m <sup>-1</sup>	16	17	18	19	20
Salinidad: 6 dS.m <sup>-1</sup>	21	22	23	24	25
Salinidad: 9 dS.m <sup>-1</sup>	26	27	28	29	30

(dS=deciSiemens) CC: Capacidad de campo

Las semillas se sembraron en macetas de 350 cm<sup>3</sup> con suelo del horizonte A del predio del Departamento de Agronomía (UNS) previamente tamizado con una zaranda de malla metálica de 10x10 mm. La siembra se llevó a cabo el 23 de septiembre de 2022 con varias semillas por maceta y luego se raleó dejando 2/3 plántulas. Al principio se regaron a capacidad de campo (CC) todos los tratamientos con agua para asegurar la germinación y luego se comenzó a regar de forma diferencial hasta finalizar el ensayo, el mismo tuvo una duración de 6 semanas (Figura 12).



Figura 12: Ensayo de implantación.

Para obtener los tratamientos de déficit hídrico (25% y 50% CC) se utilizó el mismo recipiente que para regar a CC pero con un cuarto y la mitad del agua utilizada, respectivamente. Para la condición de salinidad prepararon tres soluciones con agua y

NaCl, y con un conductímetro se ajustaron las conductividades a 3, 6 y 9 dSm<sup>-1</sup>. Estas tres soluciones fueron aplicadas con el mismo volumen que el riego con agua (CC).

Transcurrido dicho período, se midieron variables asociadas al crecimiento de las plántulas, siendo las mismas: emergencia, número de hojas por planta, altura, peso seco aéreo. Además, se determinó el contenido relativo de agua foliar (CRA) como un indicador del estado hídrico de las plantas sometidas a déficit de agua y salinidad.

Para analizar la emergencia a lo largo del tiempo se registró diariamente, luego de la siembra, la cantidad de macetas correspondientes a un mismo pretratamiento que tuvieran alguna plántula emergida. Por ejemplo, si para el doble *priming* 1 transcurrida una semana desde la siembra, se observaban 12 macetas con plántulas de las 24 totales, se registraba un valor de 50%.

El peso seco aéreo (PS) de las plantas se obtuvo secando las mismas durante 48 hs en estufa a 60°C.

El CRA permite determinar el contenido de agua de una hoja o una planta en un momento dado y compararlo con el de la misma, en estado de máxima turgencia. Se calculó como  $CRA = (PF1 - PS) / (PF2 - PS) * 100$  donde PF1: peso fresco inicial, PF2: peso fresco a turgencia máxima, PS: peso seco (Azcón Bieto y Talón, 2013).

### 4.3 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados estadísticamente con el programa INFOSTAT utilizando test de ANOVA y pruebas de comparación de medias con el test de LSD Fisher (5%).

## 5. Resultados y Discusión

### 5.1 Evaluación de la respuesta del mijo perenne al acondicionamiento durante la germinación

El acondicionamiento es una técnica para aumentar la velocidad y el porcentaje de germinación de las semillas como así también lograr una mayor uniformidad en la emergencia. Con el objetivo de seleccionar el método y combinación de tiempo y temperatura que resulte más efectivo para aumentar el porcentaje de germinación de semillas de mijo perenne, se evaluaron 10 tratamientos de acondicionamiento bajo 2 condiciones de temperatura (20 y 25 °C) y durante 2 períodos (12 y 24 hs), cuyos resultados se resumen en la Tabla 5. Estos tratamientos fueron seleccionados tomando lo informado en ensayos previos (Baioni, 2021).

Tabla 5: Porcentaje de germinación (%) obtenido en cada tratamiento.

PRETRATAMIENTOS	20°		25°	
	12 hs	24 hs	12 hs	24 hs
	<b>HP</b>	<b>61</b>	21	35
<b>OP PEG -0,5 MPa</b>	<b>63</b>	41	<b>55</b>	22
<b>OP PEG -1 MPa</b>	39	35	21	17
<b>OP PEG -1,5 MPa</b>	15	24	45	9
<b>OP CaCl<sub>2</sub> 1%</b>	<b>55</b>	44	<b>47</b>	36
<b>OP CaCl<sub>2</sub> 2%</b>	40	39	24	30
<b>OP CaCl<sub>2</sub> 5%</b>	33	35	40	13
<b>OP ac ascórbico 5%</b>	0	20	4	3
<b>OP ac ascórbico 10%</b>	4	0	6	8
<b>OP ac ascórbico 20%</b>	0	18	0	0
<b>Control (sin pretratamiento)</b>	19			

En promedio, los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron aplicando *priming* durante 12 hs para ambas temperaturas ensayadas, siendo la condición de 12 hs y 20°C la más efectiva. En ésta, la aplicación de *priming* provocó un aumento del poder germinativo en 6 de los 10 pretratamientos con un incremento de hasta un 44% (PEG 6000 -0,5 MPa). Bajo estas condiciones, el acondicionamiento de semillas con agua destilada (HP), PEG 6000 -0,5 MPa y CaCl<sub>2</sub> 1% lograron triplicar el valor de PG obtenido en el control.

Por su parte, el acondicionamiento durante 12 hs y a 25°C mostró un aumento del PG en 7 de los 10 pretratamientos ensayados siendo el *priming* con PEG 6000 -0,5 MPa nuevamente más efectivo (36% más respecto al control).

El acondicionamiento realizado durante 24 hs a 25°C fue la combinación de tiempo y temperatura con niveles de respuesta más bajos, ya que la aplicación de *priming* causó aumentos del poder germinativo solamente en 4 de los 10 pretratamientos ensayados. Estos resultados concuerdan con lo informado en ensayos previos (Baioni, 2021) en los que mayores temperaturas y tiempos mostraron una tendencia a generar un menor incremento en el PG respecto del que produjo cada tipo de *priming* aplicado a menor temperatura y tiempo.

Las 4 combinaciones de tiempo y temperatura ensayadas evidenciaron que los mayores valores de germinación corresponden a los acondicionamientos con HP, OP PEG 6000 con un potencial osmótico de -0,5 MPa y OP CaCl<sub>2</sub> al 1% (Tabla 6 del Anexo).

El *hidropriming* (HP) incrementó la germinación muy significativamente cuando fue ensayado a 12 hs y 20°C con un PG de 61%, lo que representó un aumento absoluto del 42% respecto al control. Sin embargo, para el resto de las condiciones ensayadas el mismo produjo aumentos mucho menores en el poder germinativo.

De todos los acondicionamientos con PEG 6000, el más efectivo resultó el que tuvo un potencial osmótico mayor, es decir, el de -0,5 MPa, en especial cuando se aplicó a 12 hs y 20°C, ya que permitió obtener un PG de 63%, el mayor de todo el ensayo. Además, se evidenció que con menores potenciales osmóticos (-1 y -1,5 MPa), para las 4 combinaciones de tiempo y temperatura los valores de germinación obtenidos fueron menores.

El *osmopriming* con CaCl<sub>2</sub> al 1% también mostró un aumento significativo del PG, en especial cuando se aplicó durante 12 hs a 20 °C, cuyo PG de 55% causó un incremento de 36 puntos porcentuales (respecto del 19% Control). La aplicación de mayores concentraciones de CaCl<sub>2</sub> (2% y 5%) provocó que los porcentajes de germinación disminuyeran gradualmente.

Finalmente, el acondicionamiento realizado con ácido ascórbico en sus 3 concentraciones no resultó en un aumento en el porcentaje de germinación de las semillas de mijo perenne, es más, la misma se vio inhibida o disminuida en las 4 combinaciones de tiempo y temperatura.

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de los distintos tratamientos de *priming*, por separado, para cada una de las combinaciones de tiempo y temperatura ensayadas (Figuras 13-16). Al presentarlos de esta manera se observan mejor los acondicionamientos que aumentaron el PG de las semillas, y se puede justificar la elección de los tratamientos más beneficiosos para su posterior ensayo durante la implantación y la evaluación de tolerancia a estrés hídrico y salinidad.

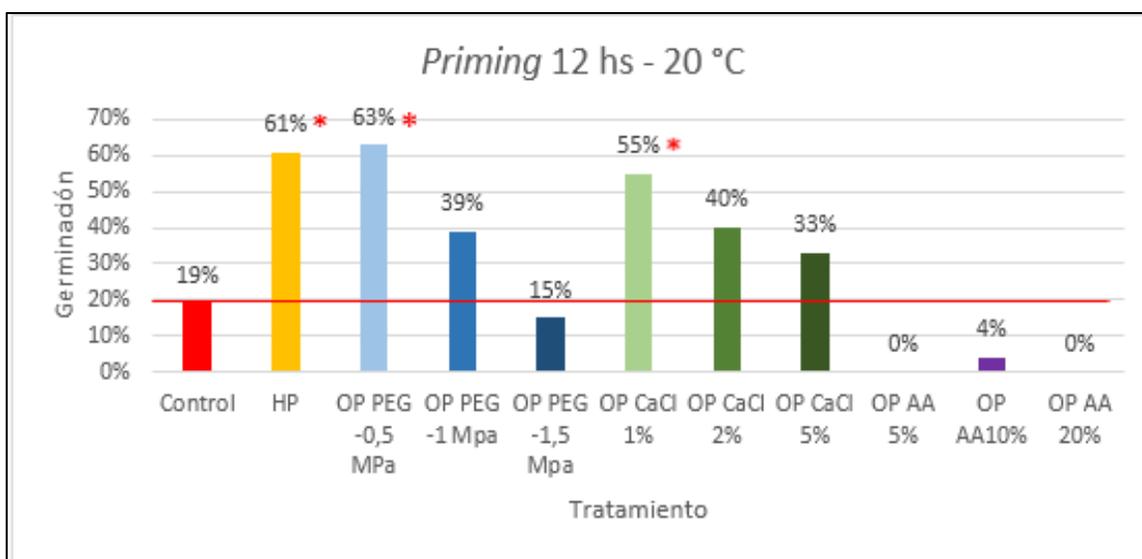


Figura 13: Porcentaje de germinación de semillas de mijo perenne ante distintos métodos de preacondicionamiento para la combinación de 12 hs y 20°C. Los \* indican diferencias significativas respecto al control. Test: LSD Fisher al 5%.

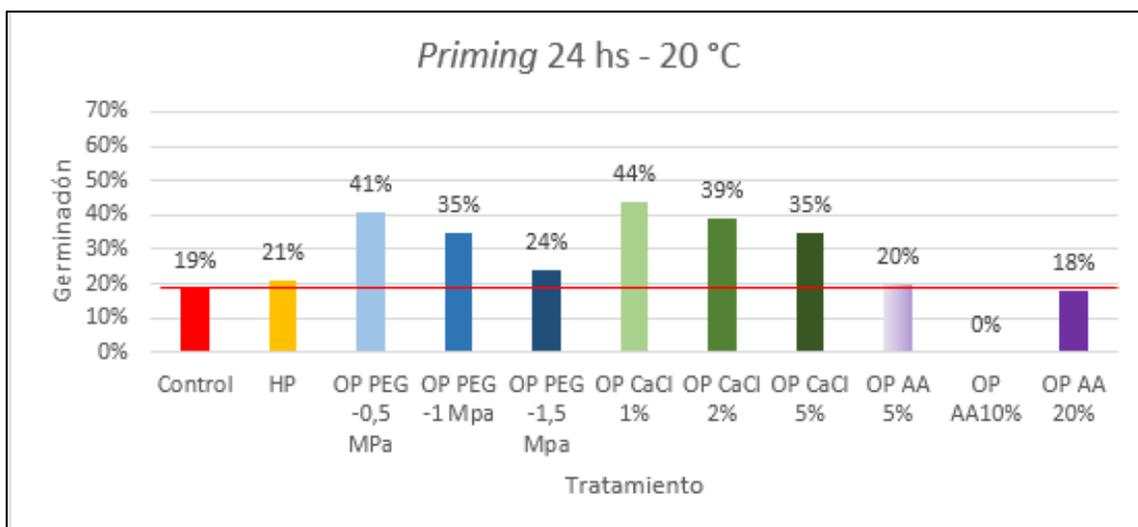


Figura 14: Porcentaje de germinación de semillas de mijo perenne ante distintos métodos de preacondicionamiento para la combinación de 24 hs y 20°C.

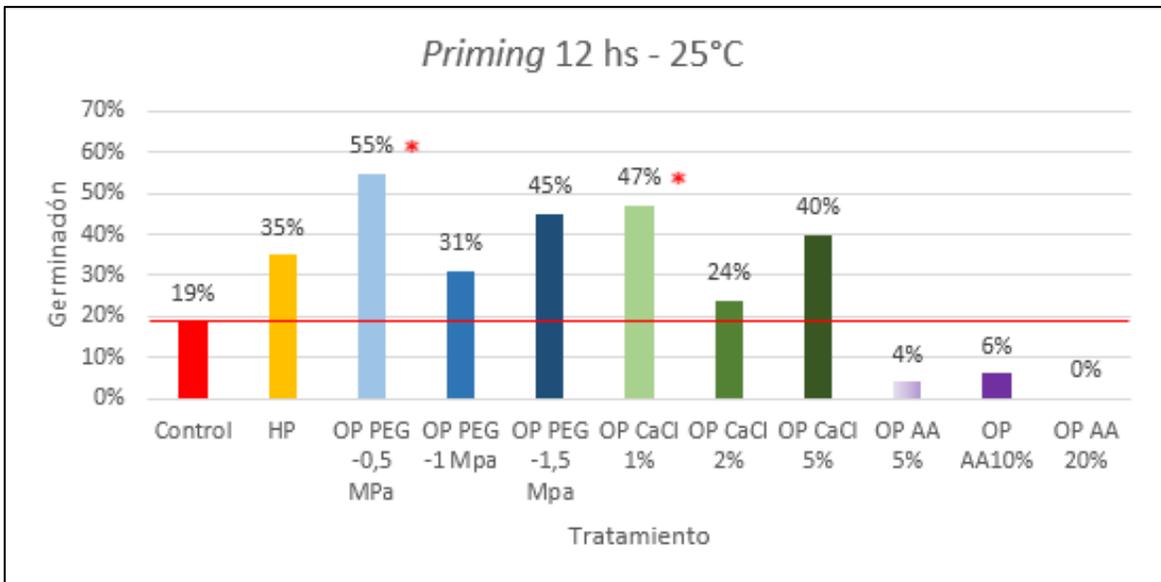


Figura 15: Porcentaje de germinación de semillas de mijo perenne ante distintos métodos de preacondicionamiento para la combinación de 12 hs y 25°C. Los \* indican diferencias significativas respecto al control. Test: LSD Fisher al 5%.

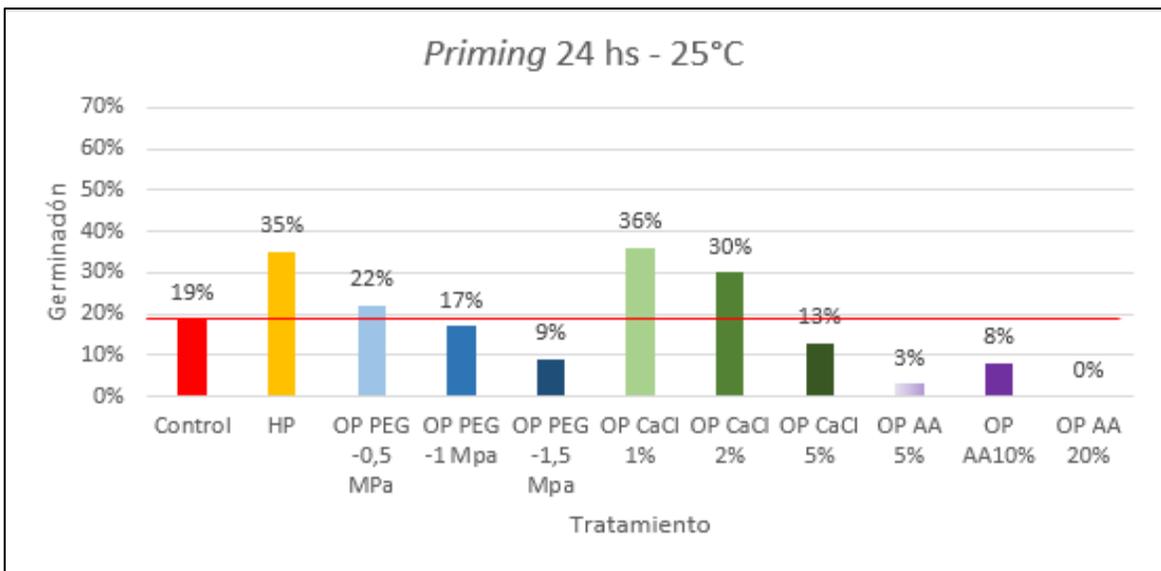


Figura 16: Porcentaje de germinación de semillas de mijo perenne ante distintos métodos de preacondicionamiento para la combinación de 24 hs y 25°C.

## 5.2 Evaluación de la respuesta de mijo perenne al acondicionamiento de semillas durante la implantación

Con la finalidad de evaluar la performance de semillas previamente acondicionadas con *priming* durante la implantación, se realizó un ensayo en invernáculo en el que se analizaron variables asociadas al crecimiento de las plantas de mijo perenne.

Se utilizaron semillas acondicionadas con distintos *osmopriming* (OP) provenientes del ensayo anterior y semillas sin *priming*. Los pretratamientos seleccionados fueron aquellos con los que se obtuvieron los mayores porcentajes de PG, siendo los mismos: PEG 6000 -0,5 MPa y CaCl<sub>2</sub> 1% (ambos a 20 °C durante 12 hs). Además, se utilizaron semillas acondicionadas con un doble ciclo de *priming* (**doble *priming* 1**: 1° ciclo de PEG 6000 -0,5 MPa 12 hs – 20°C y un 2° ciclo de CaCl<sub>2</sub> 1% 12 hs – 20°C y **doble *priming* 2**: 1° ciclo de CaCl<sub>2</sub> 1% 12 hs – 20°C y un 2° ciclo de PEG 6000 -0,5 MPa 12 hs – 20°C).

Todos los tratamientos de acondicionamiento fueron sometidos a las mismas condiciones de régimen hídrico (CC, 50% CC y 25% CC) y de salinidad (3, 6 y 9 dSm<sup>-1</sup>) durante el ensayo de implantación.

Los resultados obtenidos al analizar las diferentes combinaciones entre acondicionamientos de semilla y tratamientos de riego fueron muy variables y distintos entre sí (Tabla 10 del Anexo). Por este motivo se analizó para cada variable cuál fue el tipo de acondicionamiento que mostró el mejor comportamiento durante la implantación y cómo afectaron, los distintos tratamientos de riego aplicados.

Para evaluar el efecto de la restricción hídrica y de la salinidad, se analizó el crecimiento de las plantas mediante el número de hojas, la altura total de las plantas, así como la biomasa (peso seco aéreo).

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos para las variables analizadas.

## 5.2.1 Emergencia

Cuando se analizó la emergencia de plántulas a lo largo de 2 semanas, se observó que los distintos tratamientos de acondicionamiento tuvieron una tendencia similar. Sin embargo, comparando los mismos se evidencia que el doble *priming* aceleró la germinación y emergencia de las plántulas (Figura 17).

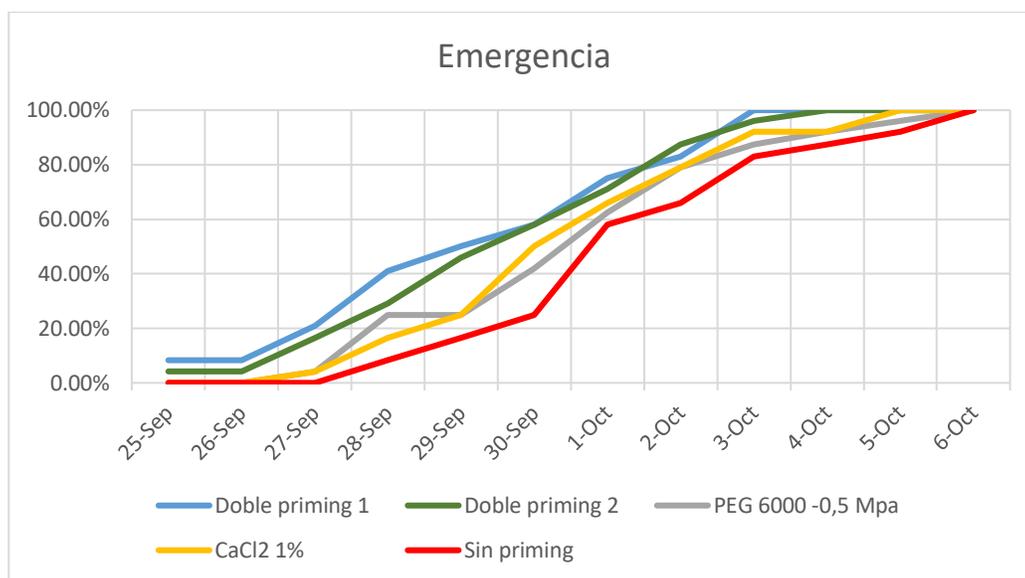


Figura 17: Tiempo de emergencia para cada pretratamiento.

Aquellas plántulas cuyas semillas habían sido acondicionadas con doble *priming* tuvieron una mayor velocidad de implantación, ya que a la semana de ser sembradas presentaban un 50% de emergencia respecto de 40% y 20% que presentaban las acondicionadas con un *priming* y sin *priming*, respectivamente. Para el 3 de octubre, aquellas plántulas surgidas a partir de semillas acondicionadas con doble *priming* ya habían emergido en su totalidad, mientras que, el resto necesitó 3 a 4 días más.

Esta emergencia más rápida observada en los tratamientos con semillas acondicionadas con doble *priming* podría redundar en un mayor crecimiento de las plantas. Al emerger antes, las plantas contarán con mayor tiempo de crecimiento al momento de iniciar los tratamientos con riegos diferenciales.

## 5.2.2 Evaluaciones de crecimiento durante la implantación

### 5.2.2.1 Número de hojas por planta

Cuando se evaluó la cantidad de hojas producidas por cada planta se vio que en general tanto el déficit hídrico como la salinidad disminuyeron el número de hojas por planta independientemente del método de acondicionamiento (Figura 18).

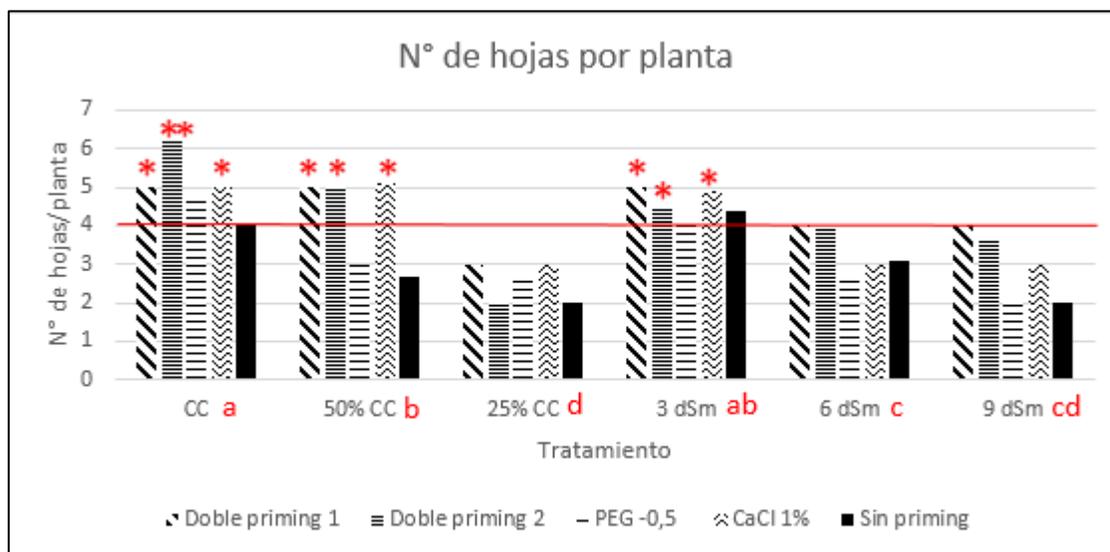


Figura 18: N° de hojas por planta para los distintos tratamientos de riego y acondicionamiento. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. Los \* indican diferencias significativas respecto al control. Test: LSD Fisher al 5%.

Teniendo en cuenta la totalidad de los tratamientos de déficit hídrico y salinidad, los acondicionamientos con doble *priming* y el *priming* con 1 ciclo con  $\text{CaCl}_2$  al 1% fueron los que más aumentaron el número de hojas (Figura 18 y Tabla 7 del Anexo).

Las plantas regadas a capacidad de campo (CC), a 50% CC y con 3 dSm<sup>-1</sup> presentaron resultados similares. Aquellas provenientes de semillas que habían sido tratadas con dobles *priming* y con un solo ciclo de *priming* con  $\text{CaCl}_2$  al 1% tuvieron más cantidad de hojas siendo del 25 al 50% superiores al control (regado a CC). Cabe destacar que el acondicionamiento con PEG 6000 -0,5 MPa regado a 50% CC tuvo un número de hojas por planta promedio similar al control (sin *priming*) e inferior al resto de los acondicionamientos.

Los efectos beneficiosos del acondicionamiento de semillas mediante *priming* se observan para el caso de salinidad severa (9 dSm<sup>-1</sup>) ya que los dobles *priming* mostraron

un aumento entre 55 y 100% en la producción de hojas en comparación al control y, además, lograron igualar al control regado a CC. El acondicionamiento con  $\text{CaCl}_2$  1% también produjo un aumento en este parámetro (50% más que el control), mientras que, el PEG 6000 -0,5 MPa no mostró beneficios bajo una salinidad elevada.

Para el caso del tratamiento con déficit hídrico severo (25% CC), el acondicionamiento de semillas con doble *priming* no resultó muy beneficioso. Esta restricción de agua redujo el número de hojas totales para todos los pretratamientos ensayados. El riego a 25% CC afectó en mayor medida al número de hojas totales en comparación a la salinidad severa ( $9 \text{ dSm}^{-1}$ ) (Figura 18 y 19).



Figura 19: Plantas acondicionadas con doble *priming* 1. Izquierda regada con  $9 \text{ dSm}^{-1}$  y derecha regada con 25% CC.

#### 5.2.2.2 Altura promedio

Todos los métodos de acondicionamiento ensayados disminuyeron su altura promedio a medida que aumentaron los niveles de sequía y salinidad (Figuras 20 y 21).

Cuando se analizó el efecto del acondicionamiento en la tolerancia a los riegos aplicados se observó que los dobles *priming* fueron superiores al resto y permitieron que las plantas crecieran más (Figura 20) (Tabla 8 del Anexo).

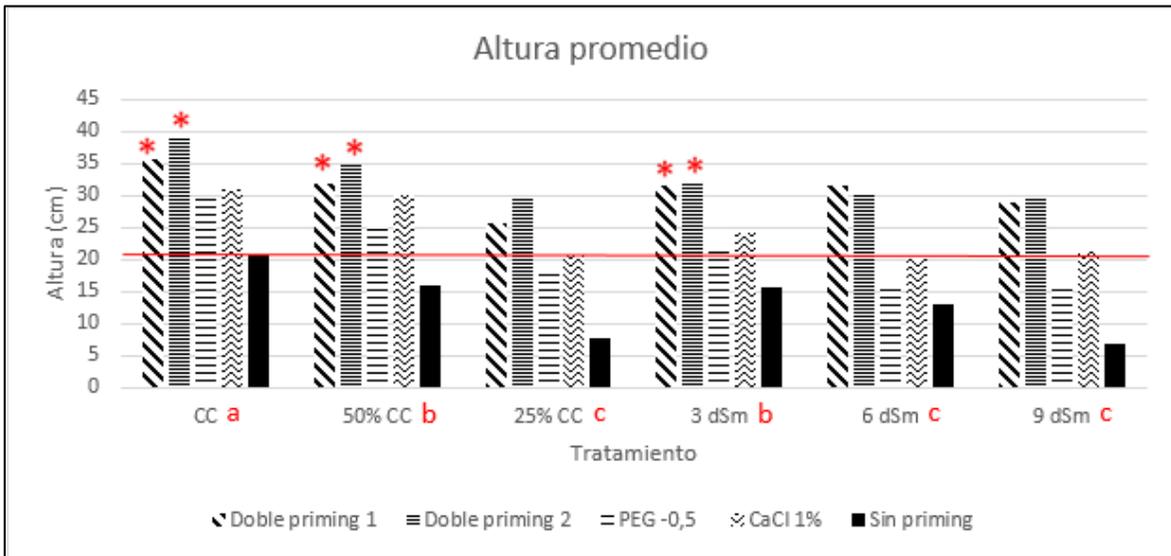


Figura 20: Altura (cm) de las plantas para los distintos tratamientos de riego y acondicionamiento. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. Los \* indican diferencias significativas respecto al control. Test: LSD Fisher al 5%.

Bajo condiciones óptimas de riego (CC), aquellas plantas cuyas semillas no habían recibido *priming* tuvieron una altura promedio de 20 cm, mientras que, las surgidas de semillas acondicionadas con doble *priming* tuvieron una altura promedio de 40 cm aproximadamente lo que representó un aumento del 100%. En cuanto a los acondicionamientos con 1 solo *priming* (PEG 6000 -0,5 MPa y CaCl<sub>2</sub> 1%), ambos evidenciaron un incremento del 50% en comparación al control.

Los tratamientos con 50% CC y 3 dSm<sup>-1</sup> causaron resultados similares. El control tuvo una altura promedio de 16 cm, mientras que los acondicionamientos con doble *priming* prácticamente duplicaron la altura, superando ampliamente también a las plantas del control regadas a CC.

El estrés hídrico (25% CC) y los dos mayores niveles de salinidad (9 y 6 dSm<sup>-1</sup>) fueron los tratamientos que afectaron más significativamente la altura de las plantas (Figura 21 y Tabla 8 del Anexo). Ante estas condiciones el doble *priming* favoreció el crecimiento, ya que las plantas tuvieron más del doble de altura respecto de aquellas sin *priming* e incluso superaron al control regado a CC.



Figura 21: Plantas cuyas semillas recibieron doble *priming* 1 (arriba) y sin *priming* (abajo) sometidas a los tratamientos de deficiencia hídrica y salinidad.

### 5.2.2.3 Peso seco aéreo

Nuevamente se observó que a medida que aumentó la sequía y la salinidad las plantas fueron más chicas y, por ende, con menor peso seco (Figura 22).

Bajo todos los tratamientos de riego ensayados, se evidenció que los dobles *priming* causaron aumentos significativos en la biomasa aérea producida por las plantas, siendo superiores tanto al efecto del *priming* simple como a aquellas plantas provenientes de semillas sin acondicionar (Tabla 9 del Anexo).

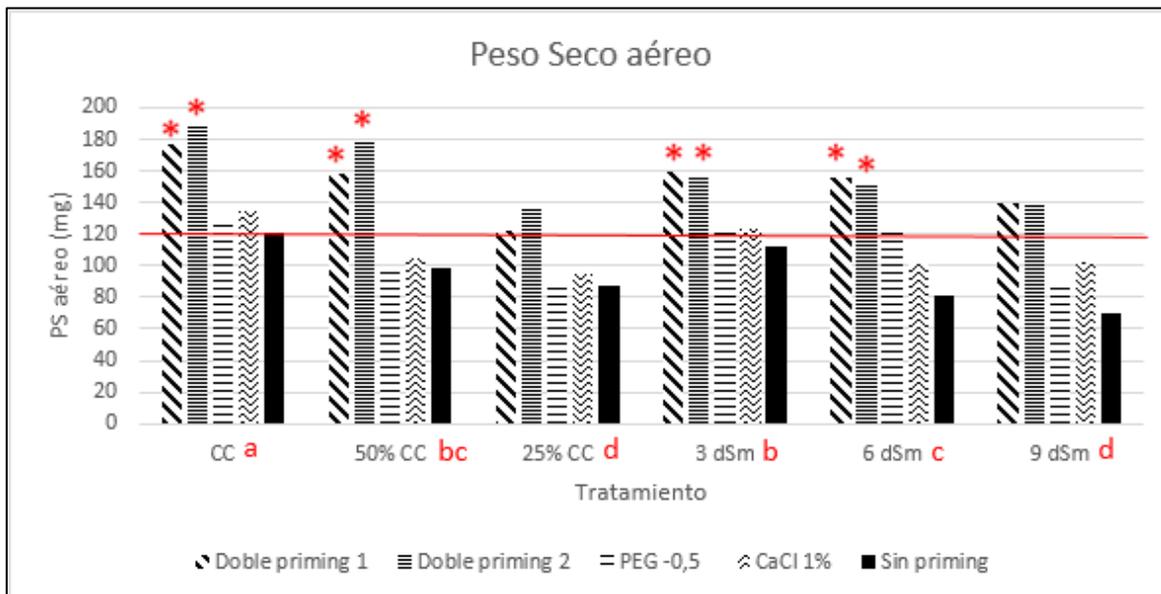


Figura 22: Peso seco aéreo (mg) de las plantas para los distintos tratamientos de riego y acondicionamiento. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. Los \* indican diferencias significativas respecto al control. Test: LSD Fisher al 5%.

Las plantas regadas a CC y sin *priming* habían acumulado 120,4 mg de peso seco al finalizar el ensayo, mientras que, aquellas plantas originadas de semillas sometidas a dobles *priming* tuvieron un incremento del 50% aproximadamente en la biomasa aérea. En cuanto a los acondicionamientos con simple *priming* los mismos no tuvieron tanta diferencia de peso respecto al control.

Los pesos secos obtenidos en las plantas sometidas a 50% CC y 3 y 6 dSm<sup>-1</sup> fueron parejos entre sí y más parecidos a los de las plantas regadas a capacidad de campo (CC) en donde se observaron valores similares entre los simple *priming* y los controles, mientras que, los acondicionamientos con dobles *priming* fueron superiores. Es destacable que, bajo estas condiciones restrictivas, los dobles *priming* permitieron que las plantas superaran la biomasa del Control (sin *priming*) aún regado a CC. Es decir que el beneficio del doble *priming* se manifiesta marcadamente en la tolerancia a condiciones desfavorables durante las etapas iniciales del crecimiento de las plantas, período sumamente crítico para la adecuada implantación de un cultivo.

Las condiciones de mayor restricción hídrica y salinidad ensayadas, 25% CC y 9 dSm<sup>-1</sup>, causaron reducciones muy severas en el peso seco de las plantas. Bajo las mismas, los acondicionamientos con doble *priming* fueron menos afectados que los de simple

*priming* y sin *priming* (Tabla 9 del Anexo). Para el tratamiento de riego con mayor salinidad (9 dSm<sup>-1</sup>) el control tuvo un descenso promedio del 40% respecto del mismo regado a CC, mientras que para el tratamiento regado al 25% CC el descenso fue del 30% aproximadamente.

### 5.2.3 Contenido relativo de agua (CRA)

El contenido relativo de agua es un indicador sensible de la condición hídrica de los tejidos y se relaciona con el nivel de actividad fisiológica, debido a que las células vegetales necesitan un alto nivel de hidratación para que su metabolismo no se vea afectado (Baioni, 2021; Turner, 1996).

Debido a que los pretratamientos con doble *priming* resultaron igual de efectivos para promover el crecimiento de las plántulas y estadísticamente superiores a aquellos con un solo y sin *priming*, se decidió comparar el CRA para: doble *priming* 1 (1° ciclo de PEG 6000 -0,5 MPa 12 hs – 20 °C y un 2° ciclo de CaCl<sub>2</sub> 1% 12 hs – 20°C), PEG 6000 -0,5 MPa y sin *priming*. De esta manera se comprobó el estado hídrico de los tejidos y su comportamiento frente al estrés.

Bajo condiciones de hidratación óptimas (CC) no se obtuvieron grandes diferencias entre los acondicionamientos, estando los tres cerca de la turgencia máxima. Para las plantas sometidas a estrés hídrico (25% CC) se esperaba obtener valores de CRA más bajos, sin embargo, los valores obtenidos fueron también altos (>95%) (Figura 23).

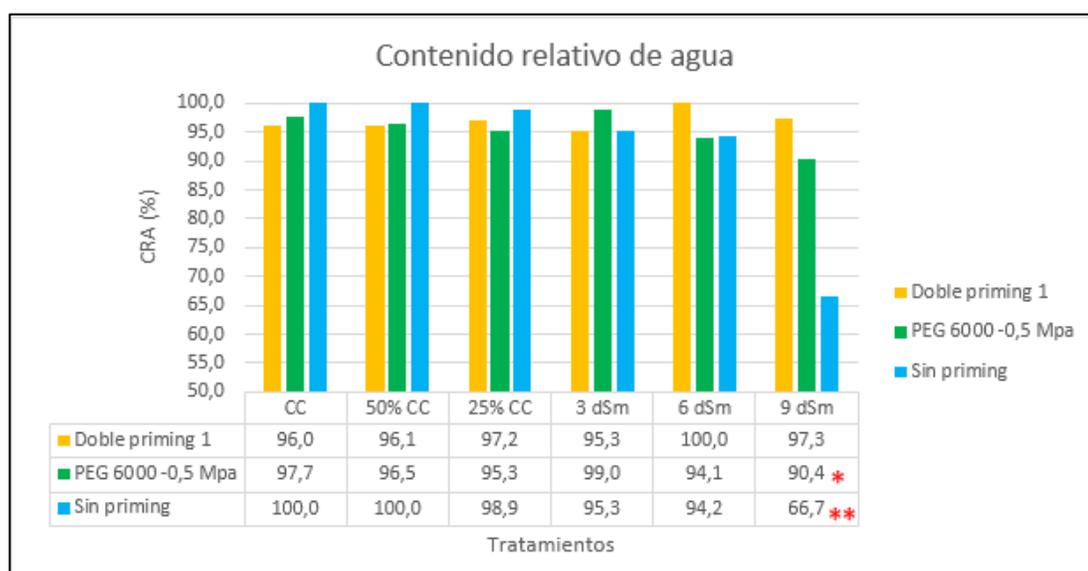


Figura 23: Contenido relativo de agua (CRA).

En las plantas sometidas a salinidad severa fue donde se observaron las mayores diferencias. Aquellas provenientes de semillas que habían recibido doble *priming* mostraron un buen estado hídrico (97,3%) siendo superiores a aquellas tratadas con PEG 6000 -0,5 MPa (90,4%) y a aquellas sin *priming* (66,7%), las cuales no tuvieron una buena tolerancia a la salinidad (Figura 23).

Nuevamente estos resultados evidencian que las plantas cuyas semillas habían sido acondicionadas mediante doble *priming* toleraron mejor la salinidad severa ( $9 \text{ dSm}^{-1}$ ), respecto de las que no fueron acondicionadas (sin *priming*).

## 6. Conclusión

El mijo perenne es una especie con un poder germinativo muy bajo (19%). Los tratamientos de acondicionamiento mediante *priming* aplicados para mejorar la performance de las semillas de esta especie demostraron que las condiciones de tiempo y temperatura en las que se realizaron fueron un factor determinante del éxito del tratamiento. Se evidenció que para la especie mijo perenne el *priming* aplicado durante 12 hs a 20°C fue el más efectivo para aumentar el poder germinativo.

En cuanto al tipo de *priming*, se observó que las semillas acondicionadas con PEG 6000 con un potencial osmótico de -0,5 MPa y CaCl<sub>2</sub> al 1% tuvieron un poder germinativo significativamente más alto que el resto, bajo todas las condiciones ensayadas. Ambos solutos resultaron más efectivos cuando se los empleó en sus menores concentraciones. Para el caso del *hidropriming* el mismo solo mostró aumentos significativos cuando fue ensayado a 20 °C durante 12 hs.

Cuando se evaluó si el efecto beneficioso del *priming* se extendía al desarrollo de las plántulas, se encontró una respuesta muy significativa en aquellas plantas provenientes de semillas tratadas con doble *priming*. Sin importar el orden en el que se realizó el doble acondicionamiento, estos tratamientos mostraron mayor velocidad y valores superiores en las variables asociadas al crecimiento que cuando se aplicó un solo *priming* y sin él.

La respuesta a la deficiencia hídrica y a la salinidad fue similar entre plantas obtenidas de semillas con y sin *priming*, observándose un menor crecimiento de las mismas cuanto mayores eran los niveles de sequía (25% CC) y salinidad (9 dSm<sup>-1</sup>). Cabe destacar que las plantas mostraron una mayor tolerancia a la salinidad severa (9 dSm<sup>-1</sup>) que al déficit hídrico severo (25% CC), mientras que salinidades moderadas a algo altas (3 y 6 dSm<sup>-1</sup>) así como déficit moderado (50 % CC) no tuvieron una respuesta tan deletérea.

Estos resultados indican que para una zona como el Sudoeste bonaerense, donde se dan condiciones productivas restrictivas como la erraticidad en las precipitaciones, con períodos de sequía y suelos salinos, la aplicación de *priming* a las semillas de mijo perenne resultaría en una mejor implantación del cultivo.

El acondicionamiento de semillas mediante *priming* es una técnica sencilla y rentable que podría ser aplicada fácilmente para mejorar la implantación a campo. Hay suficiente investigación en distintas especies que evidencia que tiene una influencia

favorable en la germinación de las semillas, el crecimiento de las plantas, el uso de nutrientes, la tolerancia al estrés, y por lo tanto en el rendimiento. El acondicionamiento logra incrementar, acelerar y sincronizar la germinación, elimina la dormición en las semillas y permite que se exprese el fenotipo que se adapta a condiciones de estrés ambiental. Sin embargo, la utilización masiva de los tratamientos de *priming* de semillas en la práctica agronómica se ve limitada debido a la falta de estandarización de los métodos apropiados para cada especie, variedad o lote en particular (Bradford, 1986); por lo complejo que resulta la aplicación de éstos a grandes volúmenes de semillas y por la escasa divulgación en el medio rural y agronómico de los resultados obtenidos en especies de interés.

Sería sumamente interesante extender dichos tratamientos a la práctica productiva no sólo como una vía para mejorar el comportamiento agronómico, sino también como un medio para desarrollar la agricultura orgánica, tan relevante en estos tiempos, debido a que pueden incrementarse la germinación, establecimiento y los rendimientos de las plantas minimizando el uso de agroquímicos.

## 7. Bibliografía

Achilli, A.L. (2017). Pretratamientos de germinación e implantación en mijo perenne. Trabajo de intensificación de la carrera de Ingeniería Agronómica. Departamento de Agronomía, UNS.

Azcón Bieto, J. y Talón, M. (2013). Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2da Edición. McGraw-Hill Interamericana de España, S. L. Publicacions I Ediciones de la Universitat de Barcelona. 669 pp.

Baioni, S.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 Magíster en Ciencias Agrarias. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

Baioni, S.S; Fioretti, M.N; Brevedan, R.E; Torres Carbonell, C; Lauric A. y Marinissen, A. (2015). Implantación sustentable de pasturas megatérmicas en el SO bonaerense. Congreso Internacional del Agua, V. Mercedes, San Luis, Argentina.

Blunk, S; I. de Heer, M; Hafeez Malik, A; Fredlund, K; Ekblad, T; Sturrock, C.J; Mooney, S.J. (2019). Seed priming enhances early growth and improves area of soil exploration by roots. *Environmental and Experimental Botany*, Volume 158, Pages 1-11, ISSN 0098-8472. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.11.003>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847218314357>)

Bouza, M.E. (2014). Estudio del proceso de erosión eólica en el SO bonaerense. Validación de un modelo predictivo. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Depto. de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

Bradford, K. J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming improve germination under stress conditions. *HortScience* 21: 1105-1112.

Crecovich, M., & Ruiz, M. D. L. A. (2012). *Variación en el nivel de dormición de la semilla en distintas variedades de la forrajera estival *Panicum virgatum* L.* Web: [repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/INTADig\\_bf6866a862b42ee52ead883c2c6d5e27](http://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/INTADig_bf6866a862b42ee52ead883c2c6d5e27)

De León, M. (2008). Cómo mejorar la ganadería subtropical con pasturas megatérmicas. *AGROMERCADO*, N°143: 1-8.

Ferrelli, F. (2020). Evaluación de la tendencia y la periodicidad de eventos térmicos y pluviométricos en el Sudoeste Bonaerense (Argentina). *Revista Huellas*, Volumen 24, N° 2, Instituto de Geografía, EdUNLPam: Santa Rosa. Recuperado a partir de: <http://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas>.

Ferreya, G. (2021). Influencia de la variabilidad edáfica sobre la productividad de cebada (*Hordeum vulgare* L) en el sudoeste bonaerense. Trabajo de Intensificación del Ciclo

profesional de la carrera Ingeniería Agronómica. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

Forján, H., Manso, L. (2017). El retorno a los planteos mixtos de producción. *AGROBARROW* 59: 24-26. INTA.

Jisha, K.C; Puthur J.T. (2014). Halopriming of seeds imparts tolerance to NaCl and PEG induced stress in *Vigna radiata* (L.) varieties. *Physiol Mol Biol Plants*. DOI: 10.1007/s12298-014-0234-6.

Krüger, H.R; Zilio, J.P; Frolla, F.D. (2019). Criterios básicos para la producción agropecuaria sustentable en el sudoeste bonaerense. Ediciones INTA, Buenos aires, Argentina. p. 5-10.

Martinat, J.E; Coraglio, J.C, Vieyra, C; Fuentes, E. (2013). RECONOCIMIENTO DE PASTURAS MEGATÉRMICAS MEDIANTE CARACTERES VEGETATIVOS. *Revista de Divulgacion Tecnica Agricola y Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias-UNCa*. Revista N° 40. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_megatermicas/202-RECONOCIMIENTO\\_DE\\_PASTURAS\\_MEGAT.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/202-RECONOCIMIENTO_DE_PASTURAS_MEGAT.pdf)

Michel, B.E y Kaufmann, M.R. (1973). The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiol*. 51, 914-916.

Mirmazloun, I.; Kiss, A.; Erdélyi, É.; Ladányi, M.; Németh, É.Z.; Radácsi, P. (2020). The Effect of Osmopriming on Seed Germination and Early Seedling Characteristics of *Carum carvi* L. *Agriculture* 2020, 10, 94. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040094>

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. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-publi51.pdf>

Plan de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense, Honorable Cámara de Diputados de la Pcia. de Buenos Aires. (2012). Disponible en: <http://www.maa.gba.gov.ar>.

Qadir, I; Farooq, M; Yousaf Ali, M; Anjum, K y Yar Abbasi K. (2018). Efficacy of osmopriming on emergence potential and seedling vigour of rangeland grasses in Pakistan. *Pak. J. Bot.*, 50(2): 617-623. <http://www.pakbs.org/pjbot/papers/1518734398.pdf>.

Raj, A.B y Raj, S.K. (2019). Seed priming: An approach towards agricultural sustainability. *Journal of Applied and Natural Science*, 11(1):227-234.

Strizler, N.P\*. (2008). Producción y calidad nutritiva de especies forrajeras megatérmicas. Conferencia en el 31º Congreso Argentino de Producción Animal, Potrero de los Funes, San Luis. \*Centro Regional La Pampa-San Luis, INTA; Facultad de Agronomía, UNLPam.

Tamborelli, M. R. & Fiant, S. E. (2020). Efecto de tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación sobre la viabilidad y germinación de semillas de *Setaria sphacelata*. *AgriScientia*, 37(2), 35–43. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n2.24889>

Torres Carbonell, C. (2012). Cómo producir carne en regiones semiáridas? Disponible en URL: <http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=3437> (24/11/2014).

Turner, N. C. 1996. Further Progress in Crop Water Relations. *Adv. Agron.* Vol. 58: 293-338.

Vasicek, J.P; Reinoso, O; Bruna, M; Renzi, J.P. (2020). Supervivencia invernal de mijo perenne (*Panicum coloratum*) en implantación. Según fechas de siembra de verano-otoño en el partido de Villarino. Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi. INTA.

## 8. Anexo

Tabla 6: Análisis estadístico del porcentaje de germinación en semillas de mijo perenne tras la aplicación de *priming* ante diferentes combinaciones de tiempo y temperatura. Diferentes letras indican diferencias significativas con LSD Fisher ( $p > 0,05$ ).

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Germinacion	44	0,69	0,60	43,82

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,93	10	0,09	7,47	<0,0001
TRATAMIENTO	0,93	10	0,09	7,47	<0,0001
Error	0,41	33	0,01		
Total	1,35	43			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,16090

Error: 0,0125 gl: 33

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
OP CaCl2 1%	0,46	4	0,06	A	
OP PEG -0,5 MPa	0,45	4	0,06	A	
HP	0,38	4	0,06	A	B
OP CaCl2 2%	0,33	4	0,06		B C
OP PEG -1 MPa	0,31	4	0,06		B C
OP CaCl2 5%	0,30	4	0,06		B C
OP PEG -1,5 Mpa	0,23	4	0,06		B C
Control	0,19	4	0,06		C D
OP AA 5%	0,07	4	0,06		D
OP AA 20%	0,05	4	0,06		D
OP AA 10%	0,05	4	0,06		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Tabla 7: Análisis estadístico del ensayo de implantación para plántulas obtenidas de semillas con y sin *priming*. Los tratamientos fueron déficit hídrico y salinidad. La variable analizada fue: n° de hojas. Diferentes letras indican diferencias significativas con LSD Fisher ( $p > 0,05$ ).

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N° de hojas	30	0,84	0,77	14,61

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31,93	9	3,55	11,82	<0,0001
pretratamiento	8,64	4	2,16	7,20	0,0009
TRATAMIENTO	23,29	5	4,66	15,52	<0,0001
Error	6,00	20	0,30		
Total	37,94	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,65986

Error: 0,3002 gl: 20

pretratamiento	Medias	n	E.E.	
Doble priming 1	4,33	6	0,22	A
Doble priming 2	4,20	6	0,22	A
CaCl <sub>2</sub> 1%	4,00	6	0,22	A
PEG -0,5	3,18	6	0,22	B
Sin priming	3,03	6	0,22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,72284

Error: 0,3002 gl: 20

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
CC	4,98	5	0,25	A
3 dSm	4,56	5	0,25	A B
50% CC	4,16	5	0,25	B
6 dSm	3,34	5	0,25	C
9 dSm	2,92	5	0,25	C D
25% CC	2,54	5	0,25	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 8: Análisis estadístico del ensayo de implantación para plántulas obtenidas de semillas con y sin *priming*. Los tratamientos fueron déficit hídrico y salinidad. La variable analizada fue: altura. Diferentes letras indican diferencias significativas con LSD Fisher (p>0,05).

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	30	0,96	0,95	7,76

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1913,28	9	212,59	58,79	<0,0001
TRATAMIENTO	461,07	5	92,21	25,50	<0,0001
pretratamiento	1452,21	4	363,05	100,40	<0,0001
Error	72,32	20	3,62		
Total	1985,60	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,50876

Error: 3,6161 gl: 20

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
CC	31,24	5	0,85	A
50% CC	27,52	5	0,85	B
3 dSm	25,12	5	0,85	B
6 dSm	22,10	5	0,85	C
25% CC	20,54	5	0,85	C
9 dSm	20,52	5	0,85	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,29017

Error: 3,6161 gl: 20

pretratamiento	Medias	n	E.E.	
Doble priming 2	32,53	6	0,78	A
Doble priming 1	30,93	6	0,78	A
CaCl2 1%	24,53	6	0,78	B
PEG -0,5	21,23	6	0,78	C
Sin priming	13,30	6	0,78	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Tabla 9: Análisis estadístico del ensayo de implantación para plántulas obtenidas de semillas con y sin *priming*. Los tratamientos fueron déficit hídrico y salinidad. La variable analizada fue: peso seco aéreo. Diferentes letras indican diferencias significativas con LSD Fisher ( $p > 0,05$ ).

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso seco	30	0,94	0,91	7,56

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26243,84	9	2915,98	32,74	<0,0001
pretratamiento	19330,43	4	4832,61	54,26	<0,0001
TRATAMIENTO	6913,41	5	1382,68	15,53	<0,0001
Error	1781,16	20	89,06		
Total	28025,00	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=11,36535

Error: 89,0582 gl: 20

pretratamiento	Medias	n	E.E.	
Doble priming 2	158,17	6	3,85	A
Doble priming 1	152,08	6	3,85	A
CaCl2 1%	110,15	6	3,85	B
PEG -0,5	108,63	6	3,85	B
Sin priming	95,00	6	3,85	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=12,45012

Error: 89,0582 gl: 20

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
CC	149,70	5	4,22	A
3 dSm	135,40	5	4,22	B
50% CC	127,66	5	4,22	B C
6 dSm	122,06	5	4,22	C
9 dSm	107,92	5	4,22	D
25% CC	106,10	5	4,22	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Tabla 10: Análisis estadístico del ensayo de implantación resultante de combinar los pretratamientos de *priming* y los distintos tratamientos de déficit hídrico y salinidad. La variable analizada fue: peso seco aéreo. Diferentes letras indican diferencias significativas con LSD Fisher ( $p > 0,05$ ).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,55310

Error: 28,9086 gl: 90

pretratamiento	TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
Doble priming 2	CC	183,53	4	2,69	A
Doble priming 2	50% CC	179,03	4	2,69	A
Doble priming 1	CC	170,90	4	2,69	B
Doble priming 1	50% CC	164,03	4	2,69	B C
Doble priming 1	3 dSm	160,13	4	2,69	C D
Doble priming 2	3 dSm	158,55	4	2,69	C D
Doble priming 1	6 dSm	155,48	4	2,69	D E
Doble priming 2	6 dSm	150,75	4	2,69	E
Doble priming 1	9 dSm	140,03	4	2,69	F
Doble priming 2	9 dSm	140,03	4	2,69	F
CaCl2 1%	CC	136,90	4	2,69	F G
Doble priming 2	25% CC	136,03	4	2,69	F G H
PEG -0,5	CC	130,30	4	2,69	G H I
Sin priming	CC	128,60	4	2,69	H I J
CaCl2 1%	3 dSm	125,00	4	2,69	I J
PEG -0,5	3 dSm	124,28	4	2,69	I J
PEG -0,5	6 dSm	122,08	4	2,69	J
Doble priming 1	25% CC	121,75	4	2,69	J
Sin priming	3 dSm	112,70	4	2,69	K
CaCl2 1%	50% CC	103,65	4	2,69	L
CaCl2 1%	9 dSm	101,53	4	2,69	L
CaCl2 1%	6 dSm	100,98	4	2,69	L M
Sin priming	50% CC	100,15	4	2,69	L M
PEG -0,5	50% CC	99,68	4	2,69	L M
CaCl2 1%	25% CC	93,65	4	2,69	M N
PEG -0,5	25% CC	90,80	4	2,69	N
PEG -0,5	9 dSm	88,50	4	2,69	N
Sin priming	25% CC	87,73	4	2,69	N O
Sin priming	6 dSm	80,78	4	2,69	O
Sin priming	9 dSm	70,60	4	2,69	P

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )