



Universidad  
Internacional  
de Andalucía

## TÍTULO

**DISEÑO DE TRATAMIENTOS DE HIDROPRIMING MEDIANTE  
MÉTODOS CASEROS, DIRIGIDOS A PEQUEÑAS Y PEQUEÑOS  
AGRICULTORES DEL ÁMBITO AGROECOLÓGICO, PARA LA MEJORA  
DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CUATRO VARIEDADES DE  
MAIZ**

## AUTOR

**Juan Carlos Valenzuela Illanes**

	<b>Esta edición electrónica ha sido realizada en 2025</b>
Tutora	Dra. Gloria Guzmán Casado
Instituciones	Universidad Internacional de Andalucía; Universidad Pablo de Olavide; Universidad de Córdoba
Curso	<i>Máster Universitario en Agroecología: un Enfoque de Transformación Sustentable de los Sistemas Agroalimentarios (2023/24)</i>
©	Juan Carlos Valenzuela Illanes
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2024



Universidad  
Internacional  
de Andalucía



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas  
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Para más información:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>



UNIVERSIDAD  
DE  
CÓRDOBA



Universidad  
Internacional  
de Andalucía

**DISEÑO DE TRATAMIENTOS DE HIDROPRIMING MEDIANTE MÉTODOS CASEROS, DIRIGIDOS A PEQUEÑAS Y PEQUEÑOS AGRICULTORES DEL ÁMBITO AGROECOLÓGICO, PARA LA MEJORA DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ**

**AUTOR:** JUAN CARLOS VALENZUELA ILLANES

**TUTOR:** GLORIA GUZMÁN CASADO

**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

**AGROECOLOGÍA: UN ENFOQUE PARA LA SUSTENTABILIDAD RURAL**

**Curso Académico 2023 -2024**

# **Diseño de Tratamientos de Hidropriming Mediante Métodos Caseros, Dirigidos a Pequeñas y Pequeños Agricultores del Ámbito Agroecológico, para la Mejora de la Germinación de Semillas de Cuatro Variedades de Maíz**

Autor: Juan Carlos Valenzuela Illanes

Tutor: Gloria Guzmán Casado

## **Resumen:**

El priming agrupa al conjunto de técnicas de hidratación de semillas previa a la siembra, donde se controla el nivel de absorción de agua, de tal manera que se produzca la actividad metabólica necesaria para la germinación, pero sin llegar a la emergencia radicular. Este tipo de tratamientos han probado ser eficientes para acelerar y uniformizar la germinación e incrementar los rendimientos de los cultivos, bajo condiciones ecológicas óptimas y adversas. En escenarios de cambio climático las semillas pueden estar expuestas a situaciones de estrés hídrico que pongan en riesgo su germinación. Por otro lado, las grandes corporaciones del negocio agroalimentario, avanzan en la privatización de la propiedad de la simiente, la apropiación del conocimiento ancestral y la intervención del ciclo histórico de transmisión de saberes entre generaciones. Como una manera de encarar esos problemas, y aportar con herramientas para fomentar el cultivo a partir de semillas de variedades locales y ecológicas, en este trabajo experimental se realiza la comparación de la velocidad y uniformidad de germinación de semillas de maíz de variedades tradicionales y otras variedades ecológicas, sin tratamiento de hidropriming y con tratamiento y se propone uno en particular para dos de las variedades ensayadas, de tal forma que pueda ser utilizado por pequeñas y pequeños agricultores del mundo de la agroecología, para mejorar la germinación de sus semillas. Al mismo tiempo, se pone a disposición una metodología de experimentación explicada en detalle, para continuar el trabajo de investigación con otras variedades tradicionales.

Palabras claves:

Semillas, Priming, Hidropriming, Tratamientos, Hidratación, Deshidratación, Soberanía Alimentaria

Agradecimientos: A Ibis, Galita, Mali y Mariana por todo el apoyo. A Daniel de Asociación Semillistas por el impulso y grandes aportes. A Carmen, Pablo, la Red Andaluza de Semillas y Gloria Guzmán por donar semillas para la investigación. A la comunidad hortigueira.

Visto Bueno del Tutor:

A la comisión académica del Máster de Agroecología:

Doy el visto bueno a la presentación del trabajo de Juan Carlos Valenzuela Illanes.

## Contenido

I.	INTRODUCCIÓN.....	6
II.	MARCO TEÓRICO .....	9
2.1	SEMILLAS Y SOBERANÍA ALIMENTARIA .....	9
2.2	LAS SEMILLAS .....	12
2.2.1	GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS .....	12
2.2.2	TIPOS DE SEMILLAS .....	14
2.2.3	PROCESO DE GERMINACIÓN DE UNA SEMILLA .....	18
2.2.3.1	DESHIDRATACIÓN O SECADO, DESPUÉS DE LA HIDRATACIÓN.....	22
2.3	TRATAMIENTOS DE SEMILLAS.....	23
2.3.1	BREVE HISTORIA DE LOS TRATAMIENTOS DE SEMILLAS .....	23
2.3.2	GENERALIDADES SOBRE LOS TRATAMIENTOS DE SEMILLAS.....	25
2.3.3	PRIMING DE SEMILLAS.....	28
III.	OBJETIVOS .....	29
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	29
3.2	OBJETIVOS EPECÍFICOS.....	29
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
4.1	MATERIAL VEGETAL .....	30
4.2	EQUIPAMIENTO, UTENSILIOS Y OTROS ELEMENTOS.....	31
4.3	DISEÑO DE EXPERIMENTOS .....	32
4.3.1	FECHAS DE LOS EXPERIMENTOS .....	32
4.3.2	DETERMINANTES MEDIOAMBIENTALES PARA LOS EXPERIMENTOS .....	32
4.3.3	RECINTO TRABAJO .....	33
4.3.4	PRUEBAS DE GERMINACIÓN.....	34
4.3.5	SECUENCIA DE TRABAJO PARA LOS EXPERIMENTOS .....	35
4.3.6	PRUEBAS DE GERMINACIÓN.....	40
4.3.6.1	PRUEBAS DE GERMINACIÓN AÑO 2022 .....	40
4.3.6.2	PRUEBAS DE GERMINACIÓN AÑO 2023 .....	43
4.3.7	ASPECTOS DEL DISEÑO QUE SE MODIFICARON PARA LOS EXPERIMENTOS DE 2023. ....	45
4.3.8	DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LOS EXPERIMENTOS. ....	46
4.3.9	TRATAMIENTO PREGERMINATIVO DE HIDRATACIÓN-DESHIDRATACIÓN.....	47
4.3.9.1	DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE HIDRATACIÓN .....	47
4.3.9.2	MONTAJE DEL SISTEMA Y COMIENZO DE LA HIDRATACIÓN.....	48

4.3.9.3 TIEMPO DE DESHIDRATACIÓN .....	49
V. RESULTADOS .....	51
5.1 RESULTADOS EXPERIMENTOS AÑO 2022 .....	51
5.2 RESULTADOS EXPERIMENTOS AÑO 2023 .....	53
5.2.1 RESULTADOS PRUEBAS DE GERMINACIÓN SEMILLAS SIN TRATAMIENTO DE PRIMING .....	53
5.2.2 RESULTADOS PRUEBAS DE GERMINACIÓN SEMILLAS CON TRATAMIENTO DE PRIMING .....	71
VI. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	86
VII. PROPUESTA DE MANUAL DE PRIMING PARA DOS VARIEDADES DE MAÍZ. ....	92
VIII. CONCLUSIONES .....	95
IX. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	97
X. ANEXOs.....	98
XI. BIBLIOGRAFÍA .....	107

## I. INTRODUCCIÓN

Desde el mismo establecimiento de la agricultura, hace aproximadamente 12000 años, se produjo el primer contacto entre los seres humanos y la fisiología de las semillas, y junto con este, una de las dificultades más importantes a las que se enfrentaron las primeras personas que labraron la tierra para alimentarse: el proceso de germinación de la simiente. Este evento natural, que a pesar del avance del conocimiento científico y del saber tradicional aún plantea incógnitas, significó un dilema al menos desde dos aristas. Por un lado, muchas semillas no germinan con facilidad ni de manera uniforme, y, además, lo hacen sólo en ciertas estaciones del año, mientras que otras necesitan condiciones específicas de germinación e incluso un tratamiento previo antes de la siembra. Cuanto más dependía la alimentación de la agricultura, cobraba más importancia la necesidad de encontrar soluciones prácticas a los problemas de calidad y germinación de las semillas. De lo contrario, malas cosechas podrían dar lugar a hambrunas y con ello una merma de las poblaciones. Por otro lado, ante la necesidad de explicar los misterios de la naturaleza y de su propia existencia, el hecho de enterrar algo en apariencia inerte, y que cobre vida, germinando y desarrollándose hasta convertirse en una plántula, cobró un significado simbólico para civilizaciones y religiones antiguas (Evenari, 1984).

De esta manera, es muy probable que, desde los comienzos de esta nueva forma de vida que adoptaron los humanos, que en sus primeras manifestaciones involucró el cuidado y/o siembra de plantas silvestres y el encierro parcial de animales mansos no domesticados, el proceso haya involucrado la experimentación con semillas con el objetivo de mejorar su germinación.

Existen una gran cantidad de factores que pueden afectar la germinación, un conjunto de variables internas relacionadas con la propia semilla y otras de diverso tipo asociadas al entorno que la rodea. En este segundo caso, las condiciones ambientales constituyen un factor que puede favorecer, dificultar o impedir su maduración y germinación, a las cuales puede o no adaptarse, y en consecuencia aumentar o perder la probabilidad de sobrevivir en un lugar y ambiente no predecible (Angosto, 1990).

De estos muchos elementos que pueden convertirse en un problema para agricultoras y agricultores, que suelen “compartir” el estrés de sus semillas desde el mismo proceso de la siembra hasta la cosecha, hay algunos de especial interés para el desarrollo de este trabajo.

Por un lado, está la calidad y estado de las semillas, la falta de agua y las altas o bajas temperaturas, como determinantes para el éxito y la productividad de los cultivos, desde el comienzo del proceso, es decir, desde la misma siembra y germinación.

Lograr una emergencia rápida y uniforme de las plántulas es un punto clave para el rendimiento del cultivo, ya que las tasas de germinación lentas con frecuencia exponen a las plántulas a condiciones ambientales adversas y enfermedades transmitidas por el suelo. (Paparella, 2015).

Desde otra arista, un conjunto de elementos de índole económico y político, ponen en riesgo su propia existencia. Cada vez es mayor la amenaza para las semillas de variedades tradicionales o semillas campesinas y esta situación también puede determinar el éxito o fracaso de un proyecto productivo, o más grave aún, de una forma vida de la que dependen millones de personas que se dedican a la agricultura y una inmensa mayoría de la población, que se alimenta de lo que estas personas cultivan.

Por una parte, un pequeño grupo de grandes corporaciones trasnacionales que participa del agronegocio (ETC Group, 2022), a partir del desarrollo en laboratorios de biotecnología, de variedades mejoradas, híbridas y organismos genéticamente modificados, y al amparo de regulaciones comerciales de propiedad intelectual de alcance mundial, que son refrendadas por estados e instituciones en leyes y reglamentos derivados de los tratados de libre comercio (UPOV91), ha conseguido ir expropiando un patrimonio biológico, alimentario y cultural milenario logrando su paulatino traspaso al régimen corporativo agroalimentario (McMichel, 2004).

Esta expoliación de la vida a partir de la privatización de su origen genera, además del impacto económico y cultural sobre las comunidades campesinas, otro de consecuencias catastróficas para la biodiversidad genética y cultivada. La homogenización genética y la globalización del modelo agrícola del monocultivo a partir de variedades comerciales, ha provocado la desaparición variedades locales, convirtiéndose en la causa principal de su erosión (FAO, 1996).

Pero son muchas las iniciativas que se pueden emprender para oponer resistencia activa a esta situación. Las resistencias campesinas, alimentarias, ecologistas o fundadas en una economía solidaria son fundamentales para este fin porque entienden que todo lo que rodea

al concepto de soberanía alimentaria debe ser democratizado para lograrla (Calle, 2010), y la semilla es pilar de ese entorno.

Una arista que debe formar parte de la estrategia para proteger las semillas, devolverlas a las manos de quienes por miles de años las han custodiado y reproducido, y preservarlas para las generaciones futuras, es estar en el propio campo. Es fundamental generar todas las formas de incentivo al uso de las variedades tradicionales en terrenos agrícolas y huertas urbanas. Se deben desarrollar los mecanismos para reimpulsar el uso de semillas de variedades locales.

Este trabajo experimental de investigación plantea una vía alternativa para re incentivar el uso de semillas campesinas, a partir de la mejora de la velocidad y uniformidad de germinación de las mismas. Mediante la aplicación de tratamientos caseros de pregerminación, basados en las denominadas ecotecnologías, se presentan dos aportes.

Por una parte, a partir del estudio de 4 variedades de maíz, dos de origen andaluz y otras dos de origen ecológico comercializadas en la ciudad de Granada por una empresa local de productos ecológicos, se presenta, por un lado, un pequeño manual de tratamientos pregerminativo doméstico, para mejorar la germinación de dos de las variedades estudiadas, y por otro lado, se entrega una metodología de investigación de semillas, explicada en detalle, que puede ser replicada por estudiantes, colectivos y cooperativas agroecológicas, organizaciones campesinas, o quien lo desee para estudiar la velocidad y uniformidad de germinación de sus semillas y encontrar la manera óptima de mejorar estas características.

En base a los ciclos de hidratación-deshidratación (HD) que experimentan las semillas en el suelo, se propone esta tecnología ecológica que puede ser implementada para intentar mejorar el comportamiento germinativo de las semillas y el funcionamiento de las plantas que de ellas se originan.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 SEMILLAS Y SOBERANÍA ALIMENTARIA

La Soberanía Alimentaria como concepto, fue formulado por La Vía Campesina, el movimiento internacional de campesinos y campesinas, pequeños y medianos productores, mujeres rurales, indígenas, gente sin tierra, jóvenes rurales y trabajadores agrícolas creado en 1992. Este colectivo, junto a cientos de organizaciones reunidas en Mali en el año 2007 adoptaron la “Declaración Final de Nyeleni” en la que quedó establecido que *soberanía alimentaria es el derecho de los pueblos a alimentos nutritivos y culturalmente adecuados, accesibles, producidos de forma sostenible y ecológica, y su derecho a decidir su propio sistema alimentario y productivo* (Rivera, 2010).

Actualmente La Vía Campesina plantea que *La Soberanía Alimentaria es el derecho de los pueblos a alimentos saludables y culturalmente apropiados, producidos mediante métodos ecológicamente respetuosos y sostenibles, y su derecho a definir sus sistemas alimentarios y agrícolas. Pone las aspiraciones y necesidades de quienes producen, distribuyen y consumen alimentos en el centro de los sistemas y políticas alimentarias, en lugar de las demandas de los mercados y las corporaciones. Defiende los intereses y la inclusión de la próxima generación. Ofrece una estrategia para resistir y dismantelar el actual régimen corporativo de comercio y alimentación, y proporciona directrices para los sistemas alimentarios, agrícolas, ganaderos y pesqueros determinados por los productores y usuarios locales.*

Semillas y Soberanía Alimentaria van de la mano. Esta relación la define en una frase simple pero contundente Doa Zayed, de la Unión de Comités de Trabajo Agrícola (Palestina): “No hay soberanía alimentaria si no hay soberanía de semillas”.

Las semillas son el corazón de la agricultura, de la alimentación de los seres humanos, de la autosuficiencia alimentaria y de la vida de millones de personas campesinas y agricultoras de todo el mundo. Son patrimonio biológico, cultural, social y económico de los pueblos y la humanidad (Peña-Sanabria, 2020).

Para el campesinado mundial, productor del 70% de la alimentación que se consume (ETC, 2022)<sup>1</sup>, constituye parte fundamental de su razón de ser y existir, representa el origen de un ciclo productivo y el insumo esencial para el comienzo del siguiente en una cadena sin fin. La semilla es alimento y medio de producción (Kloppenber, 2005), y en ese doble carácter que ha mantenido desde el momento en que los primeros humanos entendieron que a partir de su siembra y cuidado podían asegurar su propia sobrevivencia, debería ser libre y soberana, y permanecer a salvo de cualquier intención privatizadora, propiedad intelectual y control de su existencia por parte de las grandes corporaciones de la agroindustria. Pero desafortunadamente no es esto lo que ha venido aconteciendo a partir del lanzamiento del proyecto expansivo de modernización agraria llamado Revolución Verde.

Con la producción de variedades mejoradas, híbridas y más recientemente organismos genéticamente modificados en laboratorios de biotecnología, el control de la simiente a manos de la empresa privada, y principalmente de un número cada vez menor de transnacionales de la agroindustria, está generando graves consecuencias. De acuerdo al informe de ETC Group sobre la concentración del poder de las corporaciones de la agroindustria del año 2022, solo 2 empresas controlan el 40% del mercado de las semillas comerciales y las 6 más grandes controlan el 58%.

El establecimiento de patentes y el control de la comercialización por estas empresas, la promulgación de reglamentos sanitarios con el respaldo de los estados e instituciones, y la persecución legal a las comunidades agrícolas por sembrar y recolectar sus propias semillas, ha significado un riesgo para la soberanía alimentaria y una agresión a la herencia cultural ancestral de los pueblos, porque atenta directamente contra su derecho a decidir su propio sistema alimentario y productivo.

Los conglomerados de la cadena industrial de alimentos y agricultura, pueden imponer restricciones legales y económicas sobre el uso de las semillas, limitando la autonomía de

---

<sup>1</sup> Se prefiere apelar a la estadística de ETC que expresa directamente el porcentaje de la alimentación mundial cubierta por la agricultura familiar, en lugar de utilizar la controversial estadística de FAO, que señala que la agricultura familiar produce el 80% de los alimentos del mundo “**en términos de valor**” (El Trabajo de la FAO en la Agricultura Familiar Prepararse para el Decenio Internacional de Agricultura Familiar (2019-2028) para alcanzar los ODS), con toda la implicancia que esto tiene, según se puede leer en el documento de ETC la referencia y en base además a lo señalado en la carta de las organizaciones de la sociedad civil dirigida a FAO con motivo de esta controversia ([https://www.etcgroup.org/files/files/70\\_letterfao-spanish-final-31jan22.pdf](https://www.etcgroup.org/files/files/70_letterfao-spanish-final-31jan22.pdf)).

los agricultores y centralizando la producción de alimentos en manos de unas pocas empresas, aumentando la vulnerabilidad del sistema agrícola.

Por otra parte, la permanente segregación genética en la producción de semillas industriales, y la siembra extensiva de un número limitado de variedades genéticamente uniformes lleva a la erosión de la biodiversidad en este sentido, lo cual se manifiesta en la pérdida de variedades locales. La comunidad científica ha hecho reiteradas advertencias sobre la vulnerabilidad extrema asociada a este modelo agrícola que propaga la uniformidad en los cultivos, constituyendo una amenaza importante para la seguridad alimentaria de la humanidad (Nicholls, 2018).

En el año 1999 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, estimó que desde 1900 se ha perdido aproximadamente el 75% de la diversidad genética de las plantas, debido a que agricultores de todo el mundo han abandonado sus múltiples variedades locales por variedades genéticamente uniformes y de alto rendimiento. Adicionalmente, el 75% de los alimentos del mundo se generan a partir de sólo 12 plantas y 5 especies animales y del 4% de las 250.000 a 300.000 especies vegetales conocidas que son comestibles, sólo 150 a 200 son utilizadas por los seres humanos y sólo 3 de ellas, el arroz, el maíz y el trigo, aportan casi el 60% de las calorías y proteínas que los seres humanos obtienen de las plantas (FAO, 1999).

Esta situación de vulnerabilidad ha ido generando una respuesta en varios frentes. El poder simbólico del que están dotadas las semillas en su calidad de base del suministro alimentario, genera amplios consensos entre las personas, más allá de su relación con la tierra y la producción agrícola. Esto abre espacios de resistencia que trascienden a las comunidades agrícolas, movilizándolo un amplio repertorio de acciones para oponerse a los cercos legales, económicos y tecnológicos que se le pretende imponer por parte de la industria y las instituciones cómplices. Son luchas complementarias que se superponen y se combinan (Peschard, 2020).

En general, las organizaciones campesinas, los colectivos y cooperativas agroecológicas, urbanas y rurales, y muchas pequeñas y pequeños agricultores, vienen desarrollando una gran tarea de militancia por las semillas, por el derecho a recolectarlas y sembrarlas una y otra vez, a reproducirlas, a proteger su legado biológico y cultural, y conservarlas para las generaciones presentes y futuras. Sin embargo, al mismo tiempo, suele observarse que estas

comunidades no siempre conocen, rescatan o implementan, prácticas relacionadas con las semillas, que son tan ancestrales como la propia agricultura.

Una de las principales razones que esgrime una parte importante de las personas que se dedican a la agricultura, incluso a las variantes orgánicas de la práctica agrícola, para adquirir semillas comerciales producidas en laboratorios, tiene que ver con los rendimientos de los cultivos. La tentación por acceder a uno de los beneficios demostrados y conocidos de las semillas comerciales, particularmente las híbridas, a veces es superior al deseo de conservar variedades tradicionales legadas por sus abuelos, pero que requieren de un proceso de recolección, conservación y cultivo, sin “éxito asegurado”.

En este sentido, las prácticas de mejoramiento del comportamiento germinativo de la semilla previo a la siembra, que tienen su origen en el surgimiento mismo del trabajo agrícola, se pueden constituir en una herramienta que, de la mano de una serie de mejoras que les imprimen a las semillas, incentive a agricultoras y agricultores a retornar el cultivo y la protección de las variedades tradicionales.

Los tratamientos pregerminativos, en particular los de hidratación-deshidratación o hidropriming, son tecnologías ecológicas cuyo uso se ve ha visto limitado entre otros aspectos, por la falta de estandarización u optimización de los tratamientos en cada especie y variedad, lo costos que resulta de su aplicación a grandes volúmenes de semillas, y la inadecuada extensión y divulgación en el medio rural y agronómico. Estas tecnologías ecológicas, pueden contribuir a la seguridad alimentaria de países en vías de desarrollo, a la conservación de la diversidad biológica y a la restauración ecológica bajo múltiples condiciones de estrés (Sánchez, 2018).

## **2.2 LAS SEMILLAS**

### **2.2.1 GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS**

*Las semillas son cápsulas de tiempo, recipientes que viajan a través del tiempo y el espacio. En el lugar y el momento apropiado, cada semilla da lugar a una nueva planta. Son los medios más sofisticados de propagación creados por la evolución de las plantas en nuestro*

*planeta y las estructuras más complejas que una planta produce durante su vida* (Kessler, 2012).

La semilla constituye la primera fase del desarrollo de una nueva planta. Sus partes esenciales son el embrión, que constituye la descendencia en forma de una planta en miniatura, un tejido de almacén de alimentos que para la mayoría de las semillas se denomina endospermo (en otras el alimento se almacena en un tejido llamado perispermo, o en los cotiledones) y la cubierta seminal o episperma.

El embrión está formado por un corto eje embrionario unido a una o dos hojas, llamadas cotiledones. Este, se encuentra completamente rodeado por el endospermo, que es un tejido nutritivo y energético que se llena de sustancias necesarias para que el embrión pueda alimentarse, respirar, crecer y desarrollarse hasta constituirse en una plantita con capacidad para hacerlo por sí misma. Finalmente, las envolturas seminales o episperma son capas que rodean completamente a la semilla y la protegen de posibles agresiones del medio ambiente, además de regular los intercambios que se producen entre el interior y el exterior de la semilla, como la absorción de agua y expulsión de material de desecho. La envoltura que rodea solamente al embrión se denomina envoltura embrional (De la Cuadra, 1992).

En el endospermo se almacenan proteínas, hidratos de carbono y grasas, las que se agrupan bajo la denominación de sustancias de reserva, y cuyas proporciones varían según la especie de cual se trate. De esta manera, hay semillas especialmente ricas en proteínas, como las leguminosas, las habas y la soja, otras que almacenan grandes cantidades de azúcares, como el maíz, y por último, semillas con grandes cantidades de grasa, como el girasol, el maní (De la Cuadra, 1992; Mantilla, 2008).

La semilla desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica. En la naturaleza es una fuente de alimento básico para muchos animales y mediante la producción agrícola, es esencial para el ser humano, siendo su alimento principal, directa o indirectamente (Doria, 2010).

## 2.2.2 TIPOS DE SEMILLAS

### **Semillas silvestres y tradicionales**

Los motivos que llevaron a los grupos de personas cazadoras-recolectoras a producir alimentos, y la manera exacta en la que esto ocurrió, aún son objeto de debate. En cualquier caso, las investigaciones recientes apuntan a que la agricultura surgió de forma independiente en distintas zonas del mundo. Los primeros cultivos y el ganado se domesticaron en seis áreas más bien dispersas, que incluyen el Oriente Cercano, el sureste de Asia y África en el Viejo Mundo y Mesoamérica, Suramérica y el nordeste de Norteamérica, en el Nuevo Mundo (Hancock, 2021).

En particular, el proceso de domesticación de variedades silvestres a partir de la recolección y selección de semillas pudo haber tomado el siguiente camino. Cuando las primeras personas agricultoras comenzaron a cultivar, las únicas semillas que existían eran las semillas silvestres. Eso significó que, de alguna manera, el ser humano comenzó a entender que podía tomar estas semillas, que quizás estaban lejos del lugar donde vivía, llevarlas a un sitio más cercano, o más conveniente, esparcirlas por la tierra y en algún momento germinaban.

En este devenir, eventualmente observó que si de un grupo de frutos, raíces u hojas silvestres, selecciona una más dulce, más grande o de diferente color, al sembrar su semilla, con el tiempo crecía una nueva planta que daba lugar a frutos, raíces u hojas, que conservaban las características dulces, grandes o de otro color. De esta manera comenzó a implementar prácticas de selección de características deseadas: frutos, hojas, raíces, más grandes y más dulces. Aunque hay muy poca investigación sobre esto en particular, si se observa lo que aún se hace en la agricultura campesina, y las características de muchas variedades locales, no cabe duda de que la selección consideró todos esos factores. Este proceso se fue complejizando a lo largo de miles de años, hasta el presente, y junto con el mayor tamaño y sabor, comenzó a buscarse mayor producción y más temprana, mayor vigor, facilidad de pelado y molienda, posiblemente cocción en menor tiempo, eliminación del sabor amargo y de elementos tóxicos, resistencia a la sequía, heladas, al exceso de agua, a las plagas y enfermedades, o lo que fuera necesario en cada lugar (La Vía Campesina, 2022).

Así, desde los inicios, cada familia agricultora tuvo que cosechar y guardar las semillas para la siembra de la temporada siguiente. Año tras año, se seleccionaron e intercambiaron semillas, para conservarlas y mejorarlas. Así se fueron sumando miles y miles de variedades adaptadas a las condiciones locales, y obteniendo plantas que se alejan mucho de lo que era una planta silvestre. (Lizarraga, 2021).

Esas semillas que se han transmitido de una generación a otra, en un proceso histórico que ha durado miles de años, son las denominadas semillas tradicionales, que dan lugar a los cultivos de variedades locales. Estas, constituyen uno de los resultados de aquel proceso, pudiendo definirse como «poblaciones diferenciadas, tanto geográfica como ecológicamente, que son visiblemente diferentes en su composición genética con las demás poblaciones y dentro de ellas, y que son producto de una selección por parte de los agricultores, resultado de los cambios para la adaptación, constantes experimentos e intercambios» (González, 2007).

### **Semillas mejoradas**

A partir de la segunda mitad del siglo XX, la Revolución Verde fuerza y fomenta el traspaso de la agricultura, de manos de campesinas y campesinos, a manos de ingenieros agrónomos y de la industria agroalimentaria. Entre otras transformaciones globales todo el proyecto expansivo de modernización agraria permitió la toma de control de las semillas por parte del sector privado, y eventualmente, su monopolio en manos de grandes corporaciones transnacionales. Mediante distintos mecanismos, tanto técnicos como legales (derechos de propiedad intelectual), se consiguió la expropiación de la semilla, transfiriéndose de las comunidades campesinas al llamado «régimen alimentario corporativo» (McMichael, 2004).

En huertas experimentales y condiciones controladas de laboratorios industriales, se reinterpretaron los procesos naturales, obteniendo en pocos años lo que había tomado generaciones conseguir. En ese nuevo paso tecnológico, se exacerbaban los criterios de selección genética o mejoramiento, para incrementar las características deseables, esto es mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a condiciones climáticas adversas, mejor calidad nutricional, uniformidad en el crecimiento, entre otras, dando lugar a las denominadas semillas mejoradas, las cuales se alejan aun más de las semillas silvestres.

Estas mejoras se logran principalmente mediante cruzamiento selectivo de variedades existentes, buscando mantener una cierta uniformidad y calidad.

Estas semillas mejoradas no están adaptadas a condiciones locales de cada uno de los lugares, no tienen lugar, no pertenecen a ningún sitio, y su introducción ha ido provocando la desaparición de las variedades tradicionales.

### **Semillas híbridas F1**

La hibridación de especies vegetales es un fenómeno que no solo se encuentra en la naturaleza, sino que ha sido practicado tanto por la ciencia como por personas agricultoras desde antes de la creación de las semillas híbridas F1.

Sin embargo, las semillas híbridas F1, son un tipo específico de semillas mejoradas producidas en laboratorio, que se crean cruzando líneas parentales genéticamente distintas que han sido endogámicas durante muchas generaciones y que presentan alguna(s) característica(s) deseable(s) que se ha(n) estado buscando, cosechando las “primeras semillas filiales” o F1 que resultan de este cruce. Este proceso denominado hibridación, tiene como objetivo obtener una primera generación (F1) con una combinación óptima de características, como mayor productividad y resistencia, y en las que se manifiesta el fenómeno denominado vigor híbrido, como resultado de la combinación específica de genes de los dos parentales. Con esto, las semillas F1 producen plantas que pueden rendir en el campo, significativamente mejor que las líneas de las que se derivaron sus progenitores (Curry, 2022).

Las plantas vigorosas F1 generan mayores rendimientos, pero las semillas híbridas o comerciales no se pueden reproducir indefinidamente como las semillas tradicionales. Cuando las plantas híbridas F1 se autopolinizan para producir la generación F2, la descendencia ya no es uniforme ni mantiene las características de la F1. Esto se debe a la segregación de los genes durante la reproducción sexual. En la F2, los genes que se heredan de los progenitores ya no están en la misma combinación óptima que en la F1. El vigor híbrido no se mantiene en las generaciones siguientes debido a la mezcla aleatoria de genes durante la reproducción (dispersión genética). Esa heterogeneidad genética de los híbridos

implica que su descendencia (la generación F2) probablemente no mostraría la misma productividad (Curry, 2022).

De esta manera, agricultoras y agricultores se ven obligados a regresar cada año a un vendedor de semillas para obtener un suministro nuevo. Adicionalmente, los cultivos híbridos o de variedades foráneas mejoradas demandan una intensa dependencia de insumos externos (material vegetal, abonos, tratamientos, riegos, etc.) y que, además, están suponiendo la inconsciente desaparición de la diversidad biológica y cultural de nuestros campos (Cañizo, 1998).

Este cambio radical producido por la introducción de la biotecnología agrícola (semillas híbridas, semillas genéticamente modificadas) permitió al capital superar las barreras sociales y biológicas a la capitalización de la agricultura al limitar la capacidad de los agricultores de guardar semillas. De esa manera se genera una dependencia a un mercado externo antes inexistente, mermando la autosuficiencia de las comunidades campesinas al no poder reproducir y conservar sus propias semillas (Kloppenburg, 2005).

Otro problema asociado a los híbridos sobre lo que no se encuentra mucha investigación, sino que responde a la experiencia colectiva, tiene que ver con la pérdida de las propiedades organolépticas de los frutos derivados de los cultivos de semillas híbridas F1, específicamente, sabor, textura, olor, color.

### **Semillas modificadas genéticamente**

Finalmente, se tienen las semillas genéticamente modificadas (GM), es decir, las variedades producidas mediante técnicas de ADN recombinante o herramientas de edición genética.

La Sociedad Española de Biotecnología (Sebiot), define un transgénico como un organismo vivo que ha sido modificado genéticamente (OGM) en un laboratorio. En el caso de las plantas, «son aquellas cuyo genoma ha sido modificado mediante ingeniería genética, bien para introducir uno o varios genes nuevos o para modificar la función de un gen propio. Como consecuencia de esta modificación, la planta transgénica muestra una nueva característica» (Casquier, 2012).

El debate sobre los transgénicos es profundo, y abarca prácticamente todas las dimensiones de la vida del planeta y los seres vivos: biológicas, éticas, ecológicas, políticas, económicas, sociales, culturales. Algunos de los participantes en este debate, suelen esgrimir como argumento que el mejoramiento de plantas no es algo nuevo, y los transgénicos suelen presentarse como una continuación de la domesticación vegetal, los métodos de selección tradicionales y la producción de híbridos, en un proceso histórico que se inició con la transformación de la naturaleza por parte de los seres humanos. Sin embargo, la incorporación de organismos genéticamente modificados a la cadena agroalimentaria, genera nuevos impactos en los procesos biológicos y sociopolíticos involucrados, junto con riesgos comprobados y desconocidos para la agrobiodiversidad y la soberanía alimentaria.

De acuerdo a varios autores, los riesgos ecológicos más serios que presenta el uso comercial de cultivos transgénicos son (Altieri, 2012):

- Amenaza la diversidad genética por la simplificación de los sistemas de cultivos y la promoción de la erosión genética.
- Creación de supermalezas por la potencial transferencia de genes de Cultivos Resistentes a Herbicidas a variedades silvestres o parientes semidomesticados.
- Transformación en malezas de los Cultivos Resistentes a Herbicidas voluntarios.
- Traslado horizontal vector-mediado de genes y la recombinación para crear nuevas razas patogénicas de bacteria.
- Recombinación de vectores que generan variedades del virus más nocivas.
- Rápido desarrollo de resistencia de las plagas de insectos, a los cultivos que contienen la toxina de *Bacillus thuringiensis* (o Bt), que se utiliza comúnmente como una alternativa biológica al plaguicida.
- El uso masivo de la toxina de Bt en cultivos puede desencadenar interacciones potencialmente negativas que afecten procesos ecológicos y a organismos benéficos.

### **2.2.3 PROCESO DE GERMINACIÓN DE UNA SEMILLA**

La germinación es el conjunto de procesos que se producen en la semilla desde que el embrión comienza a crecer hasta que se ha formado una pequeña planta que puede vivir por sí misma, independiente del alimento almacenado en la semilla (De la Cuadra, 1992).

Se inicia con la entrada de agua en la semilla (imbibición) y finaliza con el comienzo de la elongación de la radícula. Aquí se pueden diferenciar dos criterios, el fisiológico, de acuerdo al cual se considera que la germinación ha ocurrido cuando se produce la rotura de las cubiertas seminales por la radícula, y el criterio agronómico, en función del cual no se considera que la germinación ha finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una plántula normal (Pita, 1998). Para los efectos de este trabajo, se consideró germinación el primero criterio (Figura 1).



Figura 1. Semillas de maíz Alpujarreño germinadas. (Elaboración propia)

Para que tenga lugar la germinación tiene que reunirse una serie de condiciones, tanto en la semilla como en el ambiente que la rodea.

El proceso de germinación parte de una semilla aparentemente seca, que, en realidad, si ha permanecido almacenada, conservada, o esperando, en condiciones que impidan su deshidratación total, conserva un porcentaje de humedad. El contenido de humedad mínimo necesario para que se mantenga viable, es de un 5% aproximadamente, bajo este contenido de humedad la semilla muere. De esta manera, está viva, respirando y para iniciar su germinación debe hidratarse.

Las semillas además presentan un estado natural denominado Dormancia, que se genera durante sus procesos evolutivos como mecanismo de supervivencia o adaptación frente a ciertas condiciones ambientales. Cuando una semilla no puede germinar en un momento

determinado a pesar de condiciones ambientales favorables para hacerlo, se dice que se encuentra en estado de dormancia (Sánchez, 2018), y existen un conjunto de factores internos y externos que la pueden sumir en dicho estado.

Desde el punto de vista de su tolerancia a la deshidratación, las semillas se pueden clasificar en ortodoxas o recalcitrantes. Las semillas ortodoxas, toleran la deshidratación, se dispersan y conservan luego de alcanzar un bajo porcentaje de humedad, mientras que las recalcitrantes, son sensibles a la desecación, se dispersan junto con los tejidos del fruto (carnoso) con altos contenidos de humedad (Doria, 2010).

La mayoría de las semillas hortícolas son ortodoxas, y por lo tanto naturalmente se deshidratan durante la última etapa de su desarrollo. En ellas, el proceso de germinación comienza con la absorción de agua desde ese estado seco. Esta etapa de absorción de agua sigue un patrón de 3 fases (Figura 2) que suelen denominarse:

- ✓ Fase I: Imbibición rápida. La semilla absorbe agua rápidamente en un proceso puramente físico, que ocurre por igual en semillas vivas o muertas.
- ✓ Fase II: Imbibición lenta. Se reduce drásticamente la absorción de agua y se inicia la actividad enzimática y el metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión.
- ✓ Fase III: Crecimiento. Es la última fase de la germinación y se presenta un cambio morfológico visible relacionado con la emergencia radicular. Aumenta nuevamente la absorción de agua y la actividad respiratoria. A partir de este punto, la semilla es menos semilla y más planta.

(Hegarty, 1978; Doria, 2010; Sánchez, 2018)

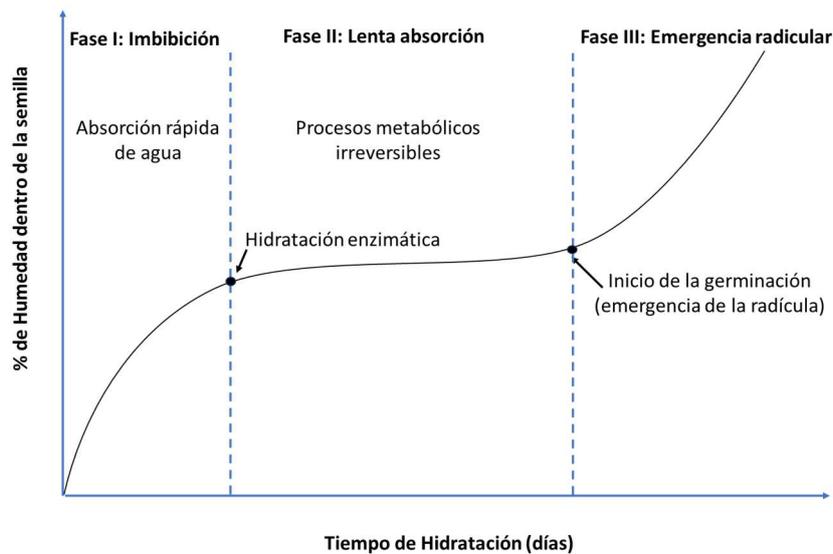


Figura 2. Curva de absorción de agua de semillas en germinación. (Elaboración propia)

En el eje horizontal, está el tiempo transcurrido desde que se inicia la hidratación, y en el eje vertical se muestra el contenido de humedad que va adquiriendo la semilla. Generalmente, en menos de 24 horas se puede situar entre el 30 y el 50 % de humedad.

Después de esta rápida absorción de agua, deja de absorber, y se pasa un buen rato más o menos con la misma humedad, aumentando ligeramente, hasta que llega el momento de la germinación y rápidamente vuelve a adquirir humedad, hasta que emerge la radícula.

Este camino hacia la germinación puede detenerse y reiniciarse varias veces, debido a causas naturales o de manera inducida en laboratorio si fuera el caso, sin que la semilla pierda su viabilidad, siempre que esas detenciones y reinicios ocurran antes del momento de emergencia de la radícula y que mantenga un mínimo de humedad que le permita seguir viva (~ 5%).

En las dos primeras fases de la germinación los procesos son reversibles, pero a partir de la fase de crecimiento pasa a una condición fisiológica irreversible. Una vez pasado el punto en el que la radícula rompe la cubierta seminal y emerge, la semilla tiene que pasar a la etapa de crecimiento y originar una plántula o de lo contrario morir (Doria, 2010).

Esto es lo que suele ocurrir en el medio natural. Tras una lluvia, una semilla que está en el suelo, viva, recibe agua, y de presentarse además otras condiciones ambientales necesarias como temperatura adecuada, oxígeno, luz, y por otro lado, ausencia de dormancia, la semilla comienza su recorrido hacia la germinación. Este recorrido puede verse interrumpido si

cambian las condiciones mencionadas anteriormente, pasando nuevamente a un estado de deshidratación hasta que vuelvan a darse las circunstancias que le permitan retomarlo.

### 2.2.3.1 DESHIDRATACIÓN O SECADO, DESPUÉS DE LA HIDRATACIÓN

El proceso natural puede imitarse experimentalmente. Es decir, luego de haber sido hidratada, la semilla se puede secar en un punto intermedio antes de la germinación, para volver a hidratarla en otro momento, y se puede repetir lo mismo en varios ciclos de hidratación y secado, antes del punto de emergencia radicular. De esta manera, cada vez que la semilla vuelve a ser hidratada tras un secado, es como si retomara el camino a la germinación desde donde lo había dejado la vez anterior, así que rápidamente germina, como se indica en la Figura 3 (línea curva de color rojo):

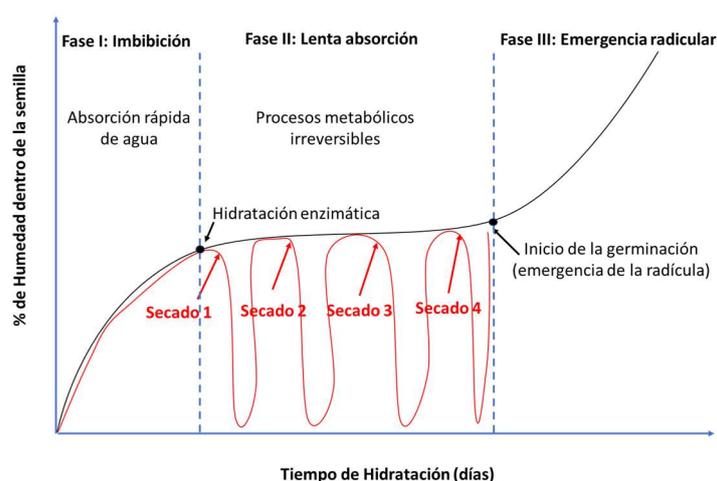


Figura 3. Curva de absorción superpuesta con curva de absorción tras varios ciclos de hidratación-deshidratación. (Elaboración propia)

De acuerdo a lo indicado por Sánchez (2001), Henckel señala que el momento de la emergencia de la radícula es el mejor momento para iniciar la deshidratación, esto quiere decir que todos los procesos enzimáticos, metabólicos y de movilización de sustancias de reserva que ocurren durante las fases I y II, ya han concluido. No obstante, algunas investigaciones con soya, avena, alubias y trébol criollo pudieron demostrar que el momento óptimo para hacerlo son 2 h antes de la emergencia radicular porque es cuando el eje embrionario es más resistente a la deshidratación (McKersie, 1980; Dasgupta, 1982; Senaratna, 1983).

## 2.3 TRATAMIENTOS DE SEMILLAS

### 2.3.1 BREVE HISTORIA DE LOS TRATAMIENTOS DE SEMILLAS

Los primeros registros documentados en los que se hace alusión a algún tipo de tratamiento que mejora el funcionamiento de las semillas, se remontan a la antigua Grecia. El escritor y militar romano, Plinio el viejo (siglo I DC), que recopiló la mayor parte del conocimiento sobre la fisiología de las semillas en su Enciclopedia, *Naturalis Historia*, informó que Demócrito (filósofo griego, siglo V AC), “aconseja remojar todas las semillas antes de sembrarlas en el jugo de la planta que crece sobre tejas” y que Mago (Cartaginés siglo IV a III AC) aconsejaba que las semillas de almendra "se remojaran durante tres días en estiércol diluido, o bien el día antes de la siembra en agua endulzada con miel” (Evenari, 1984). Además, en esa misma obra, hace referencia a la relevancia de remojar previamente las semillas de pepino en agua y miel para mejorar la germinación (Paparella, 2015).

También el filósofo y botánico Theophrastus (372-287 AC), considerado el padre de la botánica, en su tratado botánico *De Historia Plantarum*, señaló que se puede estimular la germinación del pepino, remojando previamente las semillas en leche o agua (Evenari, 1984).

El agrónomo y botánico francés Oliver de Serres (1539-1619) describió la eficacia del tratamiento utilizado por los agricultores en los cereales (*Triticum*, *Secale* y *Ordeum* spp.), en el que las semillas se remojabán durante 2 días en agua de estiércol y luego se secaban a la sombra antes de sembrarlas (Paparella, 2015).

No tan retirado en la historia, otro investigador trascendental que también se interesó en los tratamientos de hidratación parcial de las semillas, fue Charles Darwin (1809-1882). Darwin hidrató semillas en agua de mar para incrementar la germinación de diversos cultivos (Sánchez, 2018).

Las investigaciones relacionadas con estos tratamientos para mejorar el funcionamiento de las semillas continuaron a todo lo largo del siglo XX y se mantienen hasta la actualidad. De hecho, dichos tratamientos constituyen un procedimiento normal dentro del conjunto de operaciones de manipulación las semillas (Sánchez, 2018).

En un mercado agrícola convencional tan competitivo como el actual, siempre en la búsqueda de altos estándares de calidad, la ciencia y la tecnología de semillas se pone a su servicio en la necesidad de satisfacer esa demanda y rentabilizar la producción agrícola. De esta manera, el desarrollo de líneas de investigación vinculadas a esta área del conocimiento es un pilar más del modelo agroindustrial vigente.

En su estudio del año 2015 sobre el estado del arte y nuevas perspectivas de algunos de los tratamientos de mejoramiento de semillas; Paparella et al señalan que, en la mayoría de los casos, los procedimientos utilizados comercialmente son patentados y administrados por empresas especializadas en semillas agrícolas, presentando una lista de tratamientos patentados, disponibles en el mercado.

Table 1 List of some patented seed priming treatments commercially available		
Patented protocol (trading name)	Company	Description and target plants
EasyPrime EasyDormex	ATLAS s.r.l. (Italy)	Priming method to improve seed germination (faster, uniform, reduced abnormal seedlings). <i>Targets:</i> tomato, pepper, eggplant, melon, leek, Brassica
Advantage <sup>®</sup> Xbeet <sup>®</sup> Emergis <sup>®</sup>	Germain Seed Technology (United Kingdom)	Priming method to remove seed thermo- and photo-dormancy. <i>Targets:</i> lettuce, endive Priming technology for safer crop emergence, earlier plant establishment, improved root shape/size and increased stress tolerance/yield. <i>Target:</i> sugar beet Improved speed germination, promotes uniform emergence and stronger plant establishment. <i>Targets:</i> all vegetables, flowers, herbs
Thermocure <sup>™</sup> SPLITKOTE <sup>®</sup> SPECIAL PROMOTOR <sup>™</sup> IMPROVER <sup>™</sup>	INCOTEC Europe BV (The Netherlands)	Priming method to remove seed thermo-dormancy. <i>Targets:</i> lettuce Priming method to alleviate seed photo-dormancy in photo-sensitive varieties, increase temperature tolerance, improve germination to obtain uniform seedling establishment. <i>Target:</i> lettuce, endive, escarole, radicchio Priming method to improve germination efficiency/uniformity under stress conditions. <i>Targets:</i> onion, carrot, tomato, Brassica Primed seeds are selected based on the X-Ray image of seed interior. <i>Targets:</i> tomato

Figura 4. Listado de tratamientos de priming patentados. (Paparella, 2015)

En la medida que tanto el sector público como el privado busquen proteger bajo las leyes de propiedad intelectual, el desarrollo de nuevas tecnologías que puedan reportarles beneficios económicos, las patentes y las licencias se convertirán en problemas aún más importantes en el futuro, y este es uno de los temas relacionados con las semillas que necesita ser revisado (Taylor, 1998).

Como se ha señalado, el conocimiento sobre la fisiología de las semillas, así como las prácticas de intercambio y todo lo relacionado con su cuidado, conservación y mejoramiento, han formado parte de la cultura agrícola de los pueblos desde los inicios de la agricultura.

La semilla es el comienzo del proceso productivo agrícola y al mismo tiempo el final de este. En ese carácter dual de medio de producción y producto final, en cuanto alimento, tiene una

naturaleza que resulta ser antagónica a su sometimiento completo como una forma de mercancía. Su propia esencia se presenta como una barrera para convertirla en un bien transable en el mercado global y en un medio de acumulación de capital (Kloppenborg, 2005).

Lamentablemente en las últimas décadas esto ha ido cambiando y a pesar de que, durante la mayor parte de la historia agrícola, las semillas han sido (re)producidas e intercambiadas libremente por los agricultores, y cuidadas y protegidas principalmente por las mujeres del campo, la introducción de la biotecnología agrícola ha ido permitiendo al capital superar las barreras sociales y biológicas a la capitalización de la agricultura, al limitar la capacidad de los agricultores de guardar semillas (Peschard, 2020). Esta es la misma razón por la cual el conocimiento y la tecnología asociada a los tratamientos de semillas, “sus secretos” y propiedad intelectual a través de patentes, se encuentra en manos de la agroindustria.

Pero este conocimiento no tiene por qué ser patrimonio de las corporaciones. Frente a la privatización de la vida por parte de estas, ejercida a través del control de las semillas mediante la producción y comercialización de variedades mejoradas, híbridas o transgénicas patentadas, han aparecido múltiples formas de lucha y resistencia. De la misma manera entonces, es posible generar fórmulas para crear y difundir ecotecnologías para el mejoramiento de las simientes, que al igual que estas puedan convertirse en “patrimonio de los pueblos al servicio de la humanidad”, como señala campaña de La Vía Campesina.

### **2.3.2 GENERALIDADES SOBRE LOS TRATAMIENTOS DE SEMILLAS**

Tanto en la industria como en la literatura científica, la terminología utilizada para referirse a aquellos tratamientos que se le realizan a las semillas, con posterioridad a la cosecha y previo a su siembra, para mejorar su germinación o el crecimiento de las plántulas, o que facilitan su entrega para ser sembradas, es “mejoramiento de semillas” o en inglés “Seed enhancement” (Taylor, 1998).

Existe una gran variedad de tratamientos que se pueden realizar a las semillas dependiendo de qué es lo que se busca con su aplicación. La alta competitividad del mercado y la búsqueda de cultivos cada vez más rentables, ha propiciado que en la actualidad existan un gran número de técnicas para mejorar el comportamiento de las semillas en el campo y proteger

a las plántulas contra una amplia variabilidad de factores abióticos y bióticos (Paparella, 2015).

Algunos autores los clasifican de acuerdo a los propósitos agrícolas que se persiguen con su realización. Heydecker y Coolbear (1977), lo hacen de acuerdo a 5 propósitos:

- 1) Selección de semillas;
- 2) Mejora de la higiene y propiedades mecánicas de las semillas;
- 3) Ruptura de la dormancia/latencia;
- 4) Incremento y sincronización de la germinación;
- 5) Aplicación de nutrientes;

Una clasificación diferente, los subdivide de igual manera en cuatro categorías, según los propósitos que se buscan con su aplicación (Halmer, 2000):

- 1) Acondicionamiento, cuyo objetivo es limpiar, purificar y fraccionar las semillas, utilizando técnicas mecánicas como gradientes de tamaño y de densidad, de limpieza, de clasificación por color y también de escarificación.
- 2) Mejoramiento fisiológico cuyo objetivo es modificar el estado fisiológico de la semilla tal que permita avanzar en el metabolismo pregerminativo, evitando la emergencia de la raíz. También incluye aplicación de sustancias activas como los reguladores de crecimiento.
- 3) Protectores de semillas, que buscan proteger a las semillas eliminando o neutralizando agentes patógenos por medio de la aplicación de fungicidas, insecticidas y bactericidas.
- 4) Recubrimiento o revestimiento de semillas, que son técnicas de peletización para facilitar su manejo (incrementar su peso) y recubrirlas con sustancias fungicidas, insecticidas, herbicidas, nutrientes, etc.

Estos tratamientos también han sido clasificados en función de los procedimientos fisiológicos que involucran (Sánchez, 2001):

- 1) De fortificación de las semillas con micronutrientes, reguladores de crecimiento, vitaminas, etc.
- 2) De hidratación-deshidratación (en agua, soluciones osmóticas, productos naturales, etc.).

- 3) De peletización, es decir, recubrimiento de semillas con materiales inertes, como arcilla, carbonato de calcio o polímeros biodegradables, en combinación con diferentes inóculos, fungicidas, pesticidas, rodenticidas, micronutrientes y macronutrientes.

Una clasificación más simple es la que proponen los propios Sánchez y Furrázola (2018), consistente en separar estos tratamientos en dos categorías:

- 1) Los de aplicación externa, es decir, que se implementan en la parte exterior de las semillas (recubrimiento, tratamientos fitosanitarios, inoculación con microorganismos).
- 2) Los que afectan su metabolismo (escarificación, estratificación, revigorizadores/acondicionadores).

Otra clasificación adicional utilizada, define tres métodos generales para mejorar el funcionamiento de las semillas (Taylor,1998):

- 1) Técnicas de hidratación previa a la siembra (Pre-sowing Hydration Techniques) o Seed Priming, que agrupa a los tratamientos de hidratación previa a la siembra (con o sin secado), considerando dos variantes, imbibición controlada e imbibición no controlada.
- 2) Tecnologías de recubrimiento de semillas (Seed coating technologies), que agrupa a los tratamientos de peletización y los de revestimiento de las semillas con distintas sustancias y para diferentes fines.
- 3) Acondicionamiento de semillas (Seed conditioning), que agrupa a los procedimientos de selección física de semillas (considerando criterios de tamaño, calidad, madurez, daño o deterioro) y remoción de contaminantes que pueda tener en su exterior.

### 2.3.3 PRIMING DE SEMILLAS

El priming de semillas se puede definir como el control del nivel de hidratación de las semillas de tal manera que se pueda producir la actividad metabólica necesaria para la germinación, pero sin llegar a la emergencia radicular (germinación) (Ratikanta, 2011).

Si se impide que el contenido de agua aumente a valores que permitan el comienzo de la división celular, se prolonga la Fase II de imbibición lenta y en consecuencia los procesos de rediferenciación y reparación de estructuras celulares tienen la posibilidad de actuar durante mayor tiempo, lo que determina que las semillas tratadas por esa vía aumentan su calidad fisiológica.

En la actualidad el término priming se usa para describir cualquier metodología de hidratación previa a la siembra, sin discriminar donde y como son embebidas las semillas (Benech–Arnold, 2004).

Este tipo de tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas han probado ser eficientes para revigorizar semillas envejecidas, acelerar y uniformizar la germinación e incrementar los rendimientos de los cultivos, bajo condiciones ecológicas óptimas y adversas (Sánchez, 2001).

Las semillas sometidas a tratamiento de priming muestran mayores tasas de germinación, lo que resulta en altos niveles de resistencia al estrés biótico/abiótico y mayores rendimientos de los cultivos (Paparella, 2015).

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un Manual de Tratamientos Caseros de Hidropriming de semillas de 4 variedades de maíz mediante métodos caseros, que pueda ser utilizado por pequeñas y pequeños agricultores del mundo agroecológico.

#### **3.2 OBJETIVOS EPECÍFICOS**

- Estudiar la velocidad y uniformidad de germinación de semillas ecológicas de 4 variedades de maíz, dos de ellas, de variedades tradicionales andaluzas y otras dos de variedades mexicanas comercializadas por una tienda de productos ecológicos de la ciudad de Granada.
- Realizar un ensayo comparativo de velocidad y uniformidad de germinación entre dos grupos de semillas de un mismo lote, especie y variedad, poniendo a germinar un grupo de ellas sin tratamiento de priming previo y otro grupo con tratamiento de priming.
- A partir de esos experimentos, obtener un óptimo de tratamiento de priming para cada variedad estudiada, que pueda ser entregado a modo de manual, para ser utilizado por pequeñas y pequeños agricultores para mejorar la velocidad y uniformidad de germinación de sus semillas.
- Desarrollar y proponer un método detallado de experimentación, simple y de bajo costo, que se pueda aplicar en condiciones domésticas, y pueda replicarse para otras especies y variedades por parte de estudiantes, colectivos o cooperativas agroecológicas, o cualquiera que quiera estudiar estas variables en sus semillas con el objetivo de mejorar su germinación en campo.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL VEGETAL

Las especies y variedades de semillas con las que se trabajó en cada ronda de experimentos desde que se está realizando esta investigación, y su origen, correspondiente son las siguientes:

Año	Especie	Variedad	Origen	Proveedor
2022	Maíz	Castellano (MC)	Río Grande, Tolox, Málaga	Plantaromed (Málaga)
		Rojo de Palomita (MRP)	Cuevas del Becerro, Málaga	
	Zanahoria	Morada (ZM)	Cuevas Bajas, Málaga	
2023	Maíz	Castellano (MC)	Río Grande, Tolox, Málaga	Plantaromed (Málaga)
		Rojo de Palomita (MRP)	Cuevas del Becerro, Málaga	Ecojaral (Granada)
		Rosetero (MR)	Córdoba	
		Morado (MM)	México	
		Tricolor (MT)	México	
		Alpujarreño (MA)	Alpujarra, Granada	Cooperativa Hortigas (Granada)

Tabla 1. Especies y variedades de semillas utilizadas en los experimentos.

En el caso del Maíz, 4 variedades son andaluzas: Castellano, Rojo de Palomitas, Rosetero y Alpujarreño.

El origen de las variedades Morado y Tricolor no pudo ser establecido con claridad. Se nos indicó en la tienda del proveedor que son de origen mexicano. Por esta razón quedará identificado por su variedad y su proveedor.

De las variedades de maíz Castellano y Rojo de Palomitas, se adquirieron dos lotes diferentes, uno en 2022 y otro en 2023.

De todas las otras variedades se tuvo acceso a un solo lote.

## 4.2 EQUIPAMIENTO, UTENSILIOS Y OTROS ELEMENTOS

Equipamiento utilizado para los experimentos:

- Termohigrómetros con registrador de datos
- Balanza digital
- Bomba de pecera con difusor de agua para generar burbujas

Utensilios:

- Placas Petri de plástico
- Papel filtro de alto gramaje recortado de acuerdo a las dimensiones interiores de los recipientes en los que se harán las pruebas de germinación. En este caso, de acuerdo al diámetro interior de la base de las placas Petri.
- Táper mediano.
- Olla
- Jarro de aluminio
- Coladores (para las semillas pequeñas debe contarse con un colador extra pequeño, de los de infusión, con mini orificios que impidan que estas escapen al enjuagarlas)
- Tenedor
- Pinzas
- Jeringa graduada
- Lupa
- Pulverizador (rociador)
- Recipiente para preparar solución de cloro al 2%
- Recipiente para desinfectar la semilla
- Platos o superficies planas para secar semillas

Elementos para desinfección e imbibición de las semillas:

- Agua destilada (para desinfección e imbibición) (A)
- Agua oxigenada (A)
- Alcohol (A)

- Lejía domiciliaria apta para potabilizar agua (menos de 5% de cloro activo por litro).

### **4.3 DISEÑO DE EXPERIMENTOS**

#### **4.3.1 FECHAS DE LOS EXPERIMENTOS**

Los experimentos se realizaron en tres momentos diferentes en función de la disponibilidad de semillas. Estos momentos fueron julio de 2022, julio y septiembre de 2023.

#### **4.3.2 DETERMINANTES MEDIOAMBIENTALES PARA LOS EXPERIMENTOS**

El momento del año en el que se realizaron los experimentos, estuvo determinado por la disponibilidad de semillas. Esto coincidió con las semanas más calurosas del año.

La ubicación y deficiente aislación térmica de la vivienda donde se realizaron los experimentos, determinó que se produjeran altas temperaturas durante gran parte los mismos, resultando muy desfavorable para el logro de los objetivos, por la dificultad que eso representa ya que retarda la germinación de las semillas y gatilla que la placa sea colonizada por hongos antes de que se produzca la germinación.

Para realizar los experimentos se debe buscar el lugar de la casa que tenga una temperatura lo suficientemente estable, ojalá entre 15 y 20 °C, no más de 25°C. Esa condición fue imposible de lograr durante los meses de junio a agosto. En consecuencia, durante esta investigación hubo pruebas que se tuvieron que descartar porque no se llegó a lograr germinación antes de que toda la placa y sus semillas fuera colonizada por hongos. Otros experimentos, a pesar de haberse realizado a temperaturas no óptimas, arrojaron algunos resultados que se presentan en este trabajo.

Adicionalmente, en la medida que más alta sea la temperatura, menos dura el agua en el sustrato sobre el cual se realiza la germinación y, en consecuencia, menos disponibilidad de líquido para las semillas. Esto conlleva a una reposición más continua de este, para lo cual se debe abrir la placa Petri, exponiendo su interior en cada apertura a los patógenos del

ambiente (esporas de hongos, por ejemplo), aunque el ambiente de trabajo haya sido higienizado.

Los primeros experimentos pudieron comenzar a realizarse en julio de 2022. El registro histórico de temperaturas en Granada durante ese año (Figura 5), muestra que desde el mes de junio hubo varias jornadas en las cuales se superaron los 40°C. Las máximas promedio estuvieron entre los 32,5 y 35 °C y durante el mes de julio particular, en 12 ocasiones el termómetro superó los 40°C.

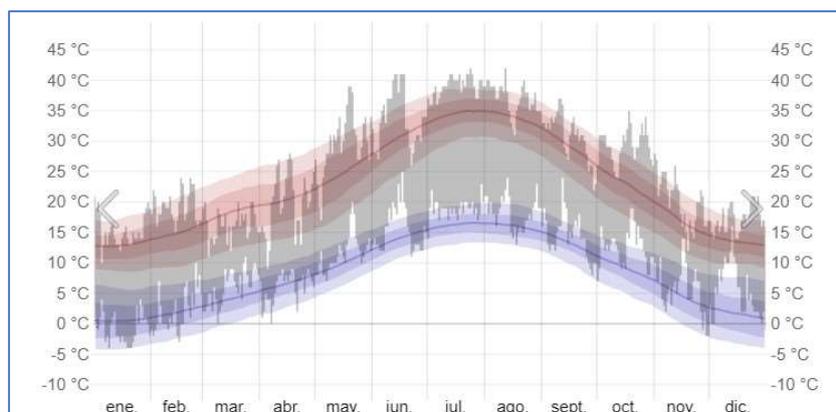


Figura 5. Registro histórico de temperaturas en Granada año 2022. (Recuperado de: © [WeatherSpark.com](https://www.weatherSpark.com))

Esto es muy importante señalarlo ya que, si en el futuro se quiere replicar el método de trabajo utilizado en esta investigación para experimentar con semillas buscando resultados similares a los que aquí se presentan, hay que saber que debe planificarse bien la disponibilidad de semillas de tal manera que los experimentos se realicen en épocas del año donde las temperaturas no alcancen los valores señalados.

### 4.3.3 RECINTO TRABAJO

- Los experimentos se realizaron en una vivienda común de un edificio de la ciudad de Granada. Esta vivienda se caracteriza por la mala aislación térmica, lo que unido a la época del año en la cual se pudieron realizar los ensayos, representó un reto para la investigación y el fracaso de una parte de ella.

- El montaje de los experimentos, incluyendo el proceso de desinfección, se realizó en la cocina de la vivienda, en condiciones de ventana y puerta cerradas para evitar corrientes de aire.
- La superficie de trabajo utilizada para el montaje de las pruebas de germinación en placas Petri, fue la encimera de la cocina, previamente despejada de elementos ajenos a los experimentos e higienizada.
- Las placas Petri con las semillas germinando, se introdujeron en cajas de cartón que se ubicaron en dos recintos de la vivienda (habitación y salón). En el caso específico de los ensayos del año 2022, también se dispusieron en el buzón de correos en el hall de entrada al edificio, buscando condiciones temperatura más bajas que las encontradas en la vivienda.
- El tratamiento pregerminativo de hidratación en agua fue realizado en el Salón de la vivienda.
- La deshidratación (secado) posterior a la hidratación fue realizada en una de las habitaciones de la vivienda, con las semillas puestas sobre platos de cocina.

#### **4.3.4 PRUEBAS DE GERMINACIÓN**

- En este trabajo se realizaron pruebas de germinación en placas Petri, a semillas de 6 variedades de maíz, unas sin tratamiento pregerminativo y otras con tratamiento pregerminativo de hidratación-deshidratación (H-D) o Priming.
- Cada ronda de experimentos se inició con pruebas de germinación a las semillas que no tuvieron tratamiento pregerminativo, es decir, desde un estado seco, sin tratamiento.
- Para cada variedad, las semillas a germinar sin tratamiento fueron seleccionadas al azar, apartando solamente aquellas que a simple vista se observara que estaban rotas o agujereadas.
- Posteriormente, una vez diseñado el tratamiento pregerminativo de hidropriming, este se le realizó a semillas de cada variedad, seleccionadas al azar, apartando de igual manera aquellas que a simple vista se observara que estaban dañadas.
- Al finalizar el tratamiento de hidropriming, se realizaron pruebas de germinación a las semillas tratadas. Estas semillas se pusieron a germinar desde su estado seco, post tratamiento.

- Para cada grupo de semillas que se puso a germinar, se midió la velocidad y la uniformidad de la germinación.
- Se consideró germinación, el momento de la emergencia radicular, es decir, el instante en el que se ha roto la cubierta seminal y ha aparecido la radícula.
- Uniformidad se refiere al número de semillas de una misma prueba de germinación, que, en la misma condición de ensayo, germinan al mismo tiempo.

#### 4.3.5 SECUENCIA DE TRABAJO PARA LOS EXPERIMENTOS

##### 1. PROTOCOLO DE DESINFECCIÓN

###### I. Preparación de solución desinfectante:

- 1) En un recipiente con sistema pulverizador de uso común en jardinería, se prepara un desinfectante elaborado con Alcohol, Agua Oxigenada y Agua Destilada (A-A-A), en proporciones (40%-30%-30%).

###### II. Hervido de utensilios:

- 1) En el jarro de aluminio lleno de agua se introduce el colador pequeño, los coladores extra pequeños, las pinzas, la jeringa graduada y un tenedor.
- 2) Se pone al fuego hasta que el agua hierva y se deja hirviendo por 10 minutos (Figura 6).



Fig. 6. Desinfección de utensilios en agua hirviendo por 10 minutos. (Elaboración propia)

### III. Hervido de filtros de papel

- 1) Se debe tener previamente recortados del diámetro interior de las placas Petri, el número de filtros de papel necesarios en función de la cantidad de experimentos que se vayan a realizar.
- 2) Al mismo tiempo que los utensilios, en una olla limpia se pone a hervir agua hasta que hierva, y a continuación se introducen los filtros y se deja hervir por 10 minutos (Figura 7).



Fig. 7. Desinfección de filtros en olla con agua hirviendo. (Elaboración propia)

### IV. Higiene de manos:

- 1) Lavado inicial de manos con jabón común.
- 2) Posteriormente con el pulverizador, se aplica en las manos la solución desinfectante. Esto se repite en algunas ocasiones cuando se considere necesario, dependiendo de si por alguna razón se contaminan.

### V. Higiene de la superficie de trabajo:

- 1) Antes de cada ronda de armado de experimentos, se limpia la superficie de trabajo con un limpiador de uso común en la cocina, para retirar la suciedad evidente.
- 2) Posteriormente dicha superficie es rociada con la solución desinfectante A-A.
- 3) Se deja secar sola.

VI. Placas Petri (o tapers):

- 1) Se lavan con lava vajillas líquido común y agua corriente para eliminar suciedad pegada, restos de grasa e impurezas en general.
- 2) Una vez enjuagadas se sacuden para eliminar toda el agua sobrante que se pueda.
- 3) Las placas limpias se ponen sobre la superficie de trabajo y se rocían con el líquido desinfectante (A-A-A) (Figura 8).



Fig. 8. Placas desinfectadas secando sobre la superficie de trabajo. (Elaboración propia)

- 4) Se deja que la solución desinfectante actúe por 10 minutos. Transcurrido ese tiempo se dejan secar solas o se acelera el secado acercándolas al calor de la cocina, cuidando no aproximarse mucho para que no se deformen, y sin el interior de la placa para que no se contamine.

VII. Desinfección de las Semillas:

Una placa Petri es un ambiente extremadamente hostil para una semilla, un ambiente muy humanizado, por lo que está muy expuesta al ataque de organismos patógenos. En el suelo, entre el sistema inmunitario de la semilla y la comunidad de microorganismos, prácticamente no tiene problemas de ser atacada por esos patógenos, pero en la Petri ocurre justamente lo contrario. Por esta razón, se realiza este proceso de desinfección con el objetivo de retrasar lo

más posible la llegada de hongos u otros microorganismos patógenos que puedan atacar y comerse la semilla.

Los pasos para la desinfección de la semilla son los siguientes:

- 1) Dentro de un recipiente, se prepara una solución de cloro al 2%.
- 2) En otro recipiente se agregan las semillas con las cuales se armará el experimento.
- 3) A este último se le agrega una cantidad suficiente de la solución desinfectante como para que las semillas queden bien sumergidas.
- 4) Se mantienen en esa condición durante 10 minutos, revolviendo de vez en cuando para que se vayan desinfectando homogéneamente.
- 5) Pasado ese tiempo, se cuelan en el colador que corresponda y se enjuagan con cuidado bajo el agua del grifo para que no se vayan a caer, por aproximadamente 30 segundos hasta eliminar el cloro superficial. Será suficiente cuando al acercarlas a la nariz no se perciba olor a cloro.

Nota: Cabe destacar que, al enjuagarlas en agua del grifo, nuevamente recibirán alguna carga de microorganismos, pero para los efectos de lo que se busca con estos experimentos caseros, es suficiente. Un protocolo de desinfección más estricto, que pretenda eliminar completamente cualquier agente patógeno, corresponde a condiciones de laboratorio profesional que exceden las pretensiones de este estudio.

## **2. MONTAJE DE PRUEBAS DE GERMINACIÓN**

Una vez que el líquido desinfectante A-A-A, se ha evaporado de las placas Petri ubicadas sobre la superficie de trabajo, y mientras se va realizando el proceso de desinfección de las semillas, se ejecutan los siguientes pasos para el montaje:

- 1) Utilizando el rociador en cuyo interior está el desinfectante A-A-A que se ha preparado, se rocían las manos para desinfectar.
- 2) Con las pinzas desinfectadas, se retira un filtro de papel del agua en la que acaban de hervir, se sacude suavemente el agua y se introduce en una placa Petri ubicada encima de la superficie de trabajo (en el caso de que se utilice papel filtro de bajo gramaje, papel cocina, por ejemplo, se ponen tres o cuatro filtros juntos).

- 3) Esta operación se repite uno por uno con cada filtro, en función del número de placas que se vayan a montar.
  - 4) Se le agrega agua destilada a cada placa, de tal manera que el filtro quede completamente tapado por agua para que se empape bien.
  - 5) Pasados unos minutos, una vez que el filtro ha absorbido el agua hasta colmar su capacidad, se vuelca la placa para eliminar toda el agua sobrante de tal manera que solo quede la que absorbió el filtro. Este debe quedar colmatado de agua hasta un punto en el que, al inclinar la placa, se compruebe que no queda agua acumulada en el borde. De esta manera semillas pequeñas como las de zanahoria y berenjena, no quedan sumergidas, sino que solo en contacto con el filtro de papel mojado, absorbiendo el agua de este.
  - 6) En cada placa Petri y con la ayuda de las pinzas, se va vertiendo el número de semillas consideradas para cada experimento (10, 15 o 25 según se haya diseñado).
- Se acomodan las semillas en el interior disponiéndolas de tal manera que no se toquen ni se superpongan unas con otras, para asegurar un contacto individual con el agua lo más homogéneo posible y dificultar además el eventual contagio por hongos, como se muestra en la Figura 9.



Figura. 9. Disposición de las semillas en la placa Petri. (Elaboración propia)

- 7) Se tapa la placa con su tapa, sin usar ningún tipo de sellante, de tal manera de evitar un cierre hermético que pueda afectar el proceso natural de respiración de las semillas.
- 8) Se rotula por encima para tener identificado cada experimento (Figura 10). En este caso a cada Petri se identificó de la siguiente manera:
  - ✓ PG (Prueba de Germinación) seguida del Número de experimento.
  - ✓ Lugar donde quedo almacenada (S: Salón, H: Habitación)
  - ✓ Iniciales de la variedad vegetal (MC, MRP, ZM, MR, MM, MT, MA) seguida del número de repetición para esa variedad.
  - ✓ Fecha de inicio.
  - ✓ Hora de inicio.

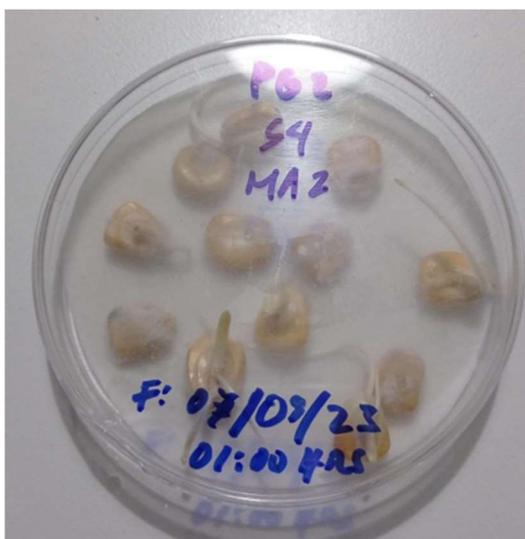


Figura. 10. Rotulado de tapa de placas Petri. (Elaboración propia)

## 4.3.6 PRUEBAS DE GERMINACIÓN

### 4.3.6.1 PRUEBAS DE GERMINACIÓN AÑO 2022

La información relacionada con el diseño de experimentos correspondiente a las pruebas de germinación realizadas en 2022, se muestra en la Tabla 2.

La columna Inicio, se refiere al mes durante el cual se realizaron los experimentos. Más adelante en los resultados se muestra información más específica al respecto.

Se experimentó con 2 variedades de maíz y una de zanahoria.

Las pruebas de germinación se realizaron solamente a semillas sin tratamiento pregerminativo y se realizaron 3 repeticiones con este diseño, es decir, 3 lotes de cada variedad, en cada una de las combinaciones que se indican en la tabla.

AÑO 2022												
Tipo ensayo	Lugar	Recipiente germinación	Sustrato	Contenedor placas Petri	Variedad y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Tratamiento	Desinfección placa Petri	Desinfección semillas	Inicio Pruebas de Germinación
Prueba de Germinación (PG)	Habitación - Salón de piso y Buzón de Correos Hall entrada edificio	Placa Petri	Papel filtro de alto gramaje mojado con agua destilada	Caja de cartón	Maíz Castellano (Río Grande, Tolox, Málaga)	MC	25	Abajo y arriba	Ninguno	Solución Alcohol (40%) - H2O Ox. (30%) - H2O Dest. (30%)	Lejía 2%, 10'	Julio
							25	Abajo				
							10	Abajo y arriba				
							10	Abajo				
					Maíz Rojo de Palomita (Cuevas del Becerro, Málaga)	MRP	25	Abajo y arriba				
							25	Abajo				
							10	Abajo y arriba				
							10	Abajo				
					Zanahoria Morada (Cuevas Bajas, Málaga)	ZM	25	Abajo				
							10	Abajo				

Tabla 2. Variables del diseño de experimento para las pruebas de germinación. Año 2022.

#### **4.3.6.2 PRUEBAS DE GERMINACIÓN AÑO 2023**

Con la experiencia acumulada en 2022, se modificó parte del diseño de experimentos, ya que cubrir las semillas de maíz con papel filtro aceleraba la colonización por hongos y esto interrumpía el proceso de germinación. Al mismo tiempo, el número de semillas disponible fue menor, y esto obligó a poner menos en cada placa Petri.

La información relacionada con el diseño de experimentos correspondiente a las pruebas de germinación realizadas en 2023, se muestra en la Tabla 3.

Se experimentó con 6 variedades de maíz y una de zanahoria. Esto incluye las 2 variedades de maíz y la variedad de zanahoria con cuyas semillas se habían hecho pruebas de germinación en 2022.

Con este diseño se realizaron 3 repeticiones dobles con cada variedad, a semillas que no recibieron tratamiento de priming. Es decir, en cada repetición se pusieron a germinar 2 placas Petri de cada variedad, de manera simultánea, esto es, en la misma condición de ensayo.

A partir de los resultados de las pruebas de germinación a semillas sin tratamiento, de las variedades de maíz Castellano, maíz Rojo de Palomitas y zanahoria Morada, se decidió no continuar con ellas.

Para el caso de las variedades de maíz Rosetero, Morado, Tricolor y Alpujarreño se realizaron pruebas de germinación a semillas con tratamiento de priming. Para este caso, se realizó una sola serie de experimentos con 3 variantes de tratamiento para cada variedad.

AÑO 2023												
Tipo ensayo	Lugar	Recipiente germinación	Sustrato	Contenedor placas Petri	Variiedad y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Tratamiento	Desinfección placa Petri	Desinfección semillas	Inicio Pruebas de Germinación
Prueba de Germinación (PG)	Salón y habitación del domicilio	Placa Petri	Papel filtro de alto gramaje mojado con agua destilada	Caja de cartón	Maíz Castellano (Río Grande, Tolox, Málaga)	MC	15	Por abajo	1ra etapa: Semillas sin tratamiento y 2da etapa: Semillas con tratamiento de priming	Solución Alcohol (40%) - H2O Ox. (30%) - H2O Dest. (30%)	Lejía 2%, 10'	Mayo y septiembre
					Maíz Rojo de Palomita (Cuevas del Becerro, Málaga)	MRP						
					Zanahoria Morada (Cuevas Bajas, Málaga)	ZM						
					Maíz Rosetero (Granada)	MR						
					Maíz Morado (México)	MM						
					Maíz Tricolor (México)	MT						
					Maíz Alpujareño (Alpujarra, Granada)	MA						

Tabla 3. Variables del diseño de experimento para las pruebas de germinación. Año 2023.

### **3. REVISIÓN DE LAS PLACAS PETRI**

- Para verificar si hubo germinación, se revisan las placas Petri, cada día, aproximadamente a la misma hora, y se observa, con la ayuda de la lupa si fuese necesario, la emergencia de la radícula.
- Las semillas que van germinando se van retirando con la pinza y dejando fuera de la Petri.
- Se verifica si el filtro de papel aún conserva humedad, y en caso de que le falte, se le agrega agua destilada, gota a gota por medio de la jeringa. El criterio debe ser siempre no superar la capacidad de absorción del filtro tal que la semilla absorba por el contacto con el filtro de papel húmedo y no porque quede inmersa en agua.
- También se observa si están saliendo hongos o no. En el caso de que comiencen a salir, se decidió no retirar esas semillas, sino que continuar con el proceso mientras quedaran semillas con el potencial de germinar.
- Si la semilla tiene pocos hongos, aun puede germinar, pero si la colonización se incrementa sin que la semilla haya germinado, ya no podrá hacerlo porque el ataque del patógeno se lo impedirá. Cuando esto comienza a ocurrir, se retira esa semilla.
- En una planilla Excel, se anota:
  - ✓ Día de germinación en placa Petri
  - ✓ Hora de observación
  - ✓ Temperatura y humedad mínima y máxima que hubo durante las últimas 24 horas obtenida del termohigrómetro con registrador.
  - ✓ Número de semillas germinadas.

#### **4.3.7 ASPECTOS DEL DISEÑO QUE SE MODIFICARON PARA LOS EXPERIMENTOS DE 2023.**

En función de la experiencia acumulada, los resultados obtenidos y los problemas encontrados en la primera ronda de experimentos (año 2022), el protocolo de desinfección del material vegetal y de los utensilios y algunos de los aspectos del diseño de experimentos, se mantuvieron, pero otros se modificaron.

En los experimentos con maíz realizados durante julio de 2022, además de poner papel filtro sobre la base de la placa Petri y sobre estas las semillas, se puso otro filtro encima de las semillas, para que la parte de estas que quedaba hacia arriba también estuviera en contacto con líquido. Esto aceleraba el proceso de colonización por hongos, de manera que, en las pruebas de germinación de las rondas siguientes, el filtro por arriba de las semillas se eliminó.

Otro elemento que se modificó fue que, en los experimentos de 2022, las semillas germinadas se iban dejando dentro de las placas junto con las no germinadas, y no solo se hacía el conteo de las germinaciones, sino que también del tamaño aproximado que iba alcanzando la raíz. Esta práctica se modificó porque para los efectos de lo que se quería observar, no representaba ningún aporte y solo generaba exceso de datos y confusión.

#### **4.3.8 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LOS EXPERIMENTOS.**

Considerando que todos los experimentos fueron realizados en condiciones domésticas, la temperatura y humedad relativa correspondió a la que se presentó en el domicilio durante las pruebas, sin intervención de equipamiento de control como aire acondicionado o humidificador.

La Temperatura y Humedad Relativa se midieron con el termohigrómetro registrador que estuvo funcionando a lo largo de cada experimento.

Los datos relativos a estas dos variables se entregan junto con la información de cada experimento.

## 4.3.9 TRATAMIENTO PREGERMINATIVO DE HIDRATACIÓN-DESHIDRATACIÓN

### 4.3.9.1 DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE HIDRATACIÓN

Para cada variedad ensayada, los tiempos de hidratación que se utilizarán se establecen a partir de dos los resultados de las pruebas de germinación de las semillas sin tratamiento.

El tiempo de hidratación depende de la rapidez de germinación de la variedad correspondiente. Para establecer esta rapidez, se cuenta el número de días y las horas transcurridas desde el día y la hora en la cual se inició la prueba de germinación, hasta el día y la hora en la que se observe la(s) primera(s) semilla(s) germinada(s). Este tiempo, se denomina  $T_1$ , y corresponde a la velocidad de germinación para dicha variedad, en las condiciones de realización del experimento.

Por otro lado, la diferencia de tiempo entre la primera germinación y la última dará una idea de la uniformidad de germinación de esa variedad, para las condiciones de ensayo.

Considerando lo anterior, el Tiempo de Hidratación ( $T_h$ ) óptimo debe ser tal que este se alargue como máximo hasta 2 horas (2 h.) antes de la emergencia de la radícula, ya que de acuerdo a lo señalado en el anteriormente, ese sería el momento óptimo para iniciar la deshidratación.

En consecuencia, para los experimentos realizados en esta investigación para cada variedad,  $T_h$  fue establecido de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$T_h = (T_1 - 2) \quad (\text{Ecuación I})$$

Donde:

- $T_h$  : Tiempo de Hidratación
- $T_1$  : Tiempo transcurrido (en horas) entre el inicio de la prueba de germinación y la salida de la primera(s) radícula(s).
- 2 : Son las 2 horas anteriores al punto de germinación, es decir, al momento de la emergencia radicular, que se debe considerar como el momento óptimo para deshidratar.

Adicionalmente, con cada variedad se repitieron los experimentos utilizando otros tiempos de hidratación menores a  $T_h$ , de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$T_{hi} = (T_1 - 2) - \delta_{ti} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$T_{hi} = T_{h1} - \delta_{ti}$$

Donde:  $\delta_{ti}$  : Es un tiempo adicional que se resta al primer tiempo  $T_h$   
 $T_{hi}$  : Tiempo de hidratación adicional tal que el experimento se repita con dicho tiempo para comparar resultados buscando óptimos.

#### 4.3.9.2 MONTAJE DEL SISTEMA Y COMIENZO DE LA HIDRATACIÓN

- Se arma el sistema de bomba de pesera de acuerdo a lo especificado por el fabricante, verificando que todo que las mangueras queden bien conectadas para que permanezcan así durante todo el experimento.
- En un recipiente con capacidad suficiente para contener el difusor de la bomba de pesera, más una porción de la manguera y el número de semillas a hidratar, de manera de asegurarse que estas últimas vayan a poder flotar y moverse libremente, se vierte agua hasta una cantidad suficiente como para cubrir todo (Figura 11).



Figura 11. Sistema de hidratación de semillas con oxigenación. (Elaboración propia)

- Se activa el motor para asegurarse que funciona correctamente, es decir, que comienza el movimiento y burbujeo del agua dentro del recipiente. Para los experimentos de esta investigación, el bombeo de aire para oxigenar el agua debe durar todo el tiempo de hidratación. Otras variantes pueden considerarse para comparar resultados.
- La muestra de semillas de la variedad específica que va a someterse a hidratación, debe pesarse previamente para determinar su peso seco y se deja anotado.
- Una vez determinado el peso seco, las semillas se introducen en el recipiente con agua y se inicia la etapa de hidratación.
- Las semillas permanecieron en hidratación en agua con bombeo de aire, durante el tiempo previamente establecido a partir de las pruebas de hidratación realizada a las semillas sin tratamiento.
- Transcurrido ese tiempo se retiran las semillas y se pasan al proceso de deshidratación o secado.

#### **4.3.9.3 TIEMPO DE DESHIDRATACIÓN**

- Los tiempos de deshidratación no se determinan previamente, sino que dependen de lo que demore la propia semilla en regresar a su peso seco, una vez retirada de la hidratación y puesta a deshidratar en las condiciones medioambientales en las que se efectúa el secado.
- Para iniciar el secado, una vez retiradas del agua, las semillas se esparcieron sobre papel de cocina para retirar el agua superficial, y enseguida fueron depositadas en un plato que fue dejado sobre una superficie en una de las habitaciones de la vivienda para su secado lento a temperatura ambiente (ver tablas de resultados).
- Las semillas se van pesando periódicamente para ir determinando su peso actual y su regreso hasta el peso seco a medida que se van deshidratando.
- Como se trata de semillas grandes como es el caso del maíz, que ha absorbido una gran cantidad de agua durante la hidratación, el primer día no es necesario pesarlas tan seguido, pudiendo hacerlo cada 3 o 4 horas, ya que demorarán en llegar a su peso seco, si es que las tenemos secando a temperaturas bajo los 25 o 26 °C. Sin embargo, a temperaturas mayores se debe tener cuidado porque se podrían secar rápidamente

más allá de su contenido mínimo vital de hidratación, y no se desea que eso ocurra porque de lo contrario no se podrá culminar el experimento.

- A medida que pasa el tiempo las semillas se van pesando cada vez más seguido ya que cuando lleguen a su peso seco tras irse deshidratando, deben ser puestas a germinar para hacer la comparación entre las germinaciones de semillas sin tratamiento de priming y estas semillas a las cuales se les realizó el hidropriming.
- Para determinar el avance hacia su peso seco, simplemente se cada vez que se pesan, se hace la diferencia entre el peso actual y el peso seco. Cuando esa diferencia se hace cero o cercana, entonces la semilla ya se ha deshidratado hasta su peso seco.
- Para ponerlas a germinar se repite el mismo procedimiento de montaje explicado anteriormente y luego se va revisando la germinación de la misma manera que también se indicó.

## **V. RESULTADOS**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada ronda (año) de experimentos.

### **5.1 RESULTADOS EXPERIMENTOS AÑO 2022**

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la primera serie de pruebas de germinación realizadas en la ronda de experimentos de 2022.

Durante esa ronda de experimentos se realizaron 3 repeticiones obteniendo resultados similares.

Para efectos de la información de las tablas de resultados:

G: Germinaciones

H: Hongos

El número delante de cada letra indica el número de semillas germinadas o con hongos que se han encontrado.

AÑO 2022																
Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	03-jul	04-jul	05-jul	06-jul	07-jul	08-jul	09-jul	10-jul	11-jul		
					Día en Petri	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
					Hora conteo	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	23:00	19:30	23:00		
Maíz Castellano (Río Grande, Tolox, Málaga)	MC	25	Abajo y arriba	02-07-2022	Germinaciones (G) y Hongos (H)	0	0	7H	3H	14H	15H	0	15H	Fin experimento		
		25	Abajo	03-07-2022		0	0	2H	2H	1G y 3H	0	0	0			
		10	Abajo y arriba	04-07-2022		0	0	0	0	2H	9H	5H	0			
		10	Abajo	05-07-2022		0	0	0	1H	0	0	1H	0			
Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	06-jul	07-jul	08-jul	09-jul	10-jul	11-jul	12-jul	13-jul	14-jul	15-jul	
					Día en Petri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
					Hora conteo	23:00	23:00	23:00	23:00	19:30	23:00	0:00	23:00	23:30	0:00	
Maíz Rojo de Palomita (Cuevas del Becerro, Málaga)	MRP	25	Abajo y arriba	06-07-2022	Germinaciones (G) y Hongos (H)	0	1G	2H	1G y 3H	2G y 2H	2H	2H	3H	3H	Fin experimento	
		25	Abajo			0	0	1H	1	3H	3H	4H	4H	Fin experimento		
		10	Abajo y arriba			0	0	0	0	2H	9H	5H	Fin experimento			
		10	Abajo			0	0	0	1H	0	0	1H	Fin experimento			
Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	07-jul	08-jul	09-jul	10-jul	11-jul	12-jul	13-jul	14-jul	15-jul	16-jul	17-jul
					Día en Petri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					Hora conteo	23:00	23:00	23:00	19:30	23:00	0:00	23:00	23:30	0:00	23:00	23.45
Zanahoria Morada (Cuevas Bajas, Málaga)	ZM	25	Abajo	07-07-2022	Germinaciones (G) y Hongos (H)	0	0	0	1G	0	1H	1H	1G	0	0	Fin experimento
		10				0	0	0	0	2G	1H	1H	0	0	0	Fin experimento

Tabla 5. Resultados para las pruebas de germinación. Año 2022.

Como se puede observar, los resultados fueron negativos con muy poca germinación y gran cantidad de hongos. Esta fue la tónica en las 3 repeticiones que se realizaron durante esa temporada, de manera que finalmente se decidió no continuar con los experimentos ya que las condiciones se mantenían y los malos resultados prevalecían.

## **5.2 RESULTADOS EXPERIMENTOS AÑO 2023**

### **5.2.1 RESULTADOS PRUEBAS DE GERMINACIÓN SEMILLAS SIN TRATAMIENTO DE PRIMING**

A modo de muestra, se entregan en este ítem, las Tablas 6, 7, 8 y 9 con los resultados obtenidos en la primera prueba de germinación efectuada a cada variedad, sin tratamiento.

Las tablas correspondientes al resto de los experimentos de cada variedad se muestran en los Anexos para no saturar con información.

A continuación de las Tablas 6 a 9, se muestran los gráficos de germinación acumulada expresada como porcentaje del total de semillas incluidas en la prueba de germinación correspondiente, para todos los experimentos realizados, puesto que permite una observación inmediata del comportamiento de las semillas de la prueba correspondiente con relación a la velocidad de germinación, uniformidad, germinación acumulada y día de la última(s) germinación(es).

En estos gráficos no se muestra el total de días de observación, sino que se graficó la germinación acumulada hasta el último día en el que hubo germinación en cada caso. Para ver el número total de días de observación, se deben acudir a las tablas de datos.

Cada observación se detuvo porque ya habían germinado todas las semillas o porque las que quedaban sin germinar estaban atacadas por hongos o tenían algún daño que no fue detectado previamente en una magnitud que ya no germinarían.

Las semillas de maíz Castellano y maíz Rojo de Palomitas, utilizados en los experimentos de 2022, perdieron su viabilidad. Se hicieron tres pruebas de germinación con las que habían quedado del año anterior, pero las Petri fueron colonizadas por hongos sin que germinara

ninguna. Esta información no fue incluida en los resultados de 2023, ya que simplemente se corroboró lo que se había obtenido en 2022.

Una vez que se comprobó la inviabilidad de dichas semillas, se acudió al proveedor Ecojaral, para obtener las variedades Rosetero de Córdoba, Morado y Tricolor de México con las que se realizaron pruebas de germinación. Al mismo tiempo, se tuvo acceso a la variedad Alpujarreña que también se incluyó.

En cada tabla se indica:

1. Año del experimento
2. Especie ensayada y su origen
3. Las siglas que la identifican
4. N° de semillas en cada placa
5. Ubicación del filtro de papel
6. Día y hora de inicio de la prueba de germinación
7. Fecha de observación
8. Rango de temperatura durante las 24 horas pasadas desde el inicio del experimento o desde la observación anterior
9. Rango de humedad relativo de manera análoga al criterio anterior
10. Día de conteo de germinaciones desde iniciada la prueba de germinación
11. Hora del conteo de germinaciones
12. Número de germinaciones (G) observadas para cada placa en el momento de la observación

Finalmente recordar que el Tiempo correspondiente a la velocidad de germinación (T1), es el tiempo en horas que haya transcurrido entre el día y la hora de inicio de la prueba de germinación, y el día y la hora en la que se encuentre la primera semilla germinada para la variedad considerada.

AÑO 2023																				
Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Inicio	Fecha	04-sept	05-sept	06-sept	07-sept	08-sept	09-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	16-sept	17-sept	
					T °C (24 hrs.)	22 - 29	22 - 27	22 - 27	24 - 28	25 - 28	23 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 27	
					H% (24 hrs.)	30 - 44	23 - 49	29 - 48	20 - 45	27 - 46	39 - 67	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	26 - 38	28 - 52	
					Día en Petri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
					Hora conteo	0:00	0:30	3:00	0:00	2:00	3:35	1:00	3:00	23:45	2:00	1:00	1:00	0:00	0:40	
Maíz Rosetero (Córdoba)	MR	15	Por abajo	03/09/2023 04:00 Hrs.	G	Prueba 1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
						Prueba 2	0	0	5	3	0	1	0	1	2	1	0	0	0	0

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
8	7	53	47	15
13	2	87	13	

Tabla 6. Resultados Prueba de Germinación PG1, primera repetición, semillas de MAÍZ ROSETERO (MR), sin priming.

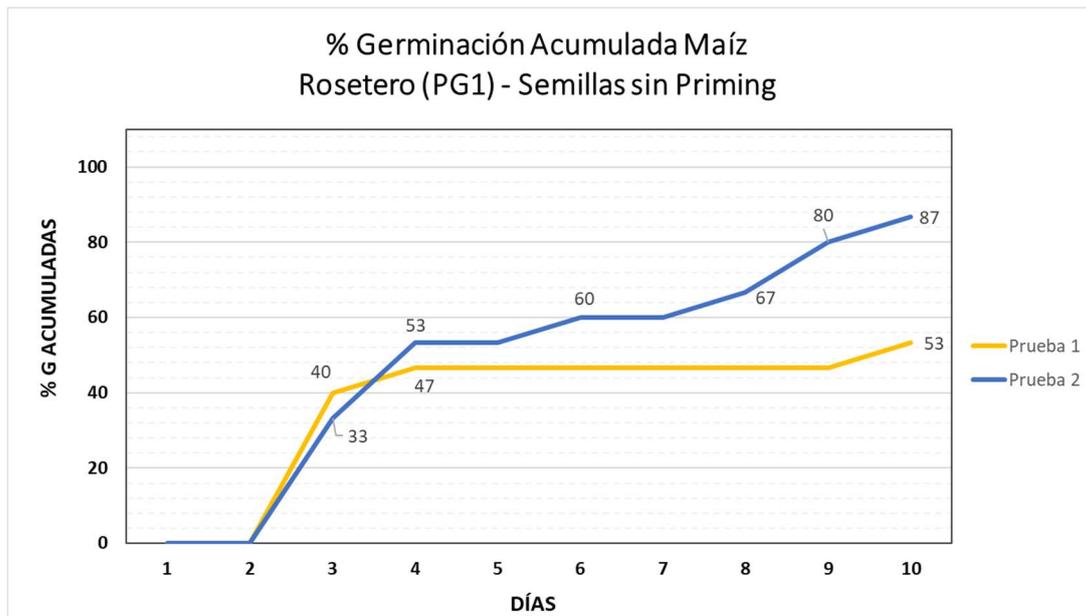


Figura12. Germinación acumulada (%), PG1, primera repetición, semillas de maíz Rosetero sin tratamiento.

- Para las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Rosetero sin tratamiento de priming (PG1), la germinación acumulada a los 10 días fue de 53% para la prueba 1 y 87% para la prueba 2.
- La velocidad de germinación en ambas. Al 3er día de iniciada la prueba de germinación, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, esos 3 días corresponden a 70 horas.
- A partir del día 10 no hubo más germinaciones.
- Todas las semillas que germinaron lo hicieron entre el día 3 y el día 10 desde iniciada la prueba de germinación, dando una idea de la uniformidad de germinación de la muestra.

De igual manera se muestran los gráficos de germinación acumulada para las otras dos repeticiones dobles con maíz Rosetero sin priming, cuyas tablas de resultados se presentan en los Anexos.

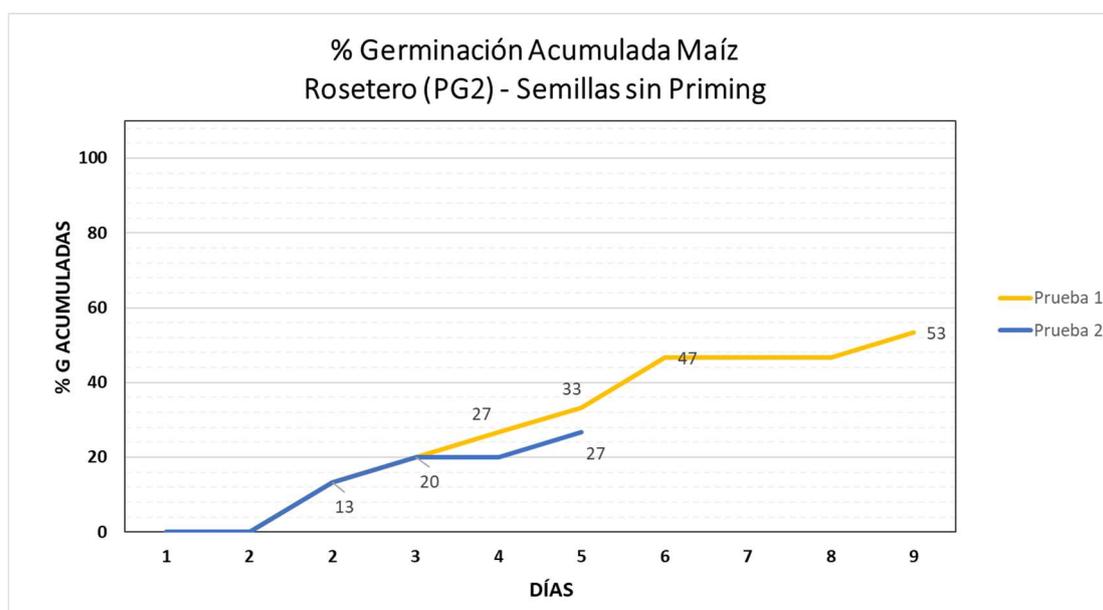


Figura 13. Germinación acumulada (%), PG2, segunda repetición, semillas de maíz Rosetero sin tratamiento.

- Para las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Rosetero sin tratamiento de priming (PG2), la germinación acumulada fue de 53% al día 9 para la prueba 1 y de 27% a los 5 días para la prueba 2.
- (Nota.: En esta prueba se hicieron dos revisiones el día 2. Como se puede ver del gráfico, las primeras germinaciones se observaron en la segunda revisión del día 2).
- La velocidad de germinación en ambas pruebas fue la misma. Al 2 día de iniciada la prueba de germinación, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, y la hora de revisión de las placas Petri esos 2 días correspondieron a 62 horas.
- A partir del día 10 no hubo más germinaciones para el primer caso y desde el día 6 en adelante no germinaron más semillas de la prueba 2.
- La uniformidad de germinación fue de 7 días para la prueba 1 y 3 días para la prueba 2.

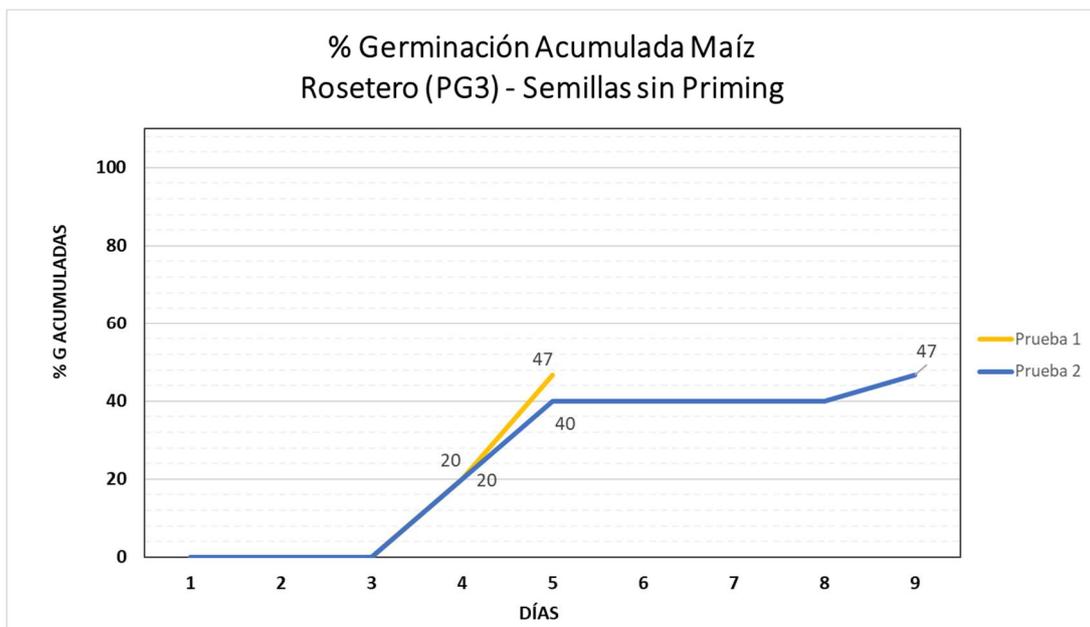


Figura 14. Germinación acumulada (%), PG3, tercera repetición, semillas de maíz Rosetero sin tratamiento.

- Para las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Rosetero sin tratamiento de priming (PG3), la germinación acumulada fue 47% al día 5 para la prueba 1 y lo mismo, pero al día 9, para la prueba 2.
- A partir del día 5 no hubo más germinaciones para la prueba 1 y del día 9 para la prueba 2.
- La velocidad de germinación en ambas pruebas fue la misma. El día 4, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, y la hora de revisión de las placas Petri esos 3 días correspondieron a 68 horas.
- Si bien la germinación acumulada fue igual para las dos pruebas, la uniformidad de germinación fue de 2 días para la prueba 1 y 6 días para la prueba 2.

De las pruebas de germinación con la variedad maíz Rosetero (MR), y para las condiciones de ensayo (ver Tablas de datos), se obtuvieron 3 Tiempos  $T_1$  (velocidad de germinación) para los 3 ensayos realizados:

$T_1$  (PG1) = 70 hrs.

$T_1$  (PG2) = 62 hrs.

$T_1$  (PG3) = 68 hrs.

AÑO 2023																		
Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	04-sept	05-sept	06-sept	07-sept	08-sept	09-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	
					T °C (24 hrs.)	22 - 29	22 - 27	22 - 27	24 - 28	25 - 28	23 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	
					H% (24 hrs.)	30 - 44	23 - 49	29 - 48	20 - 45	27 - 46	39 - 67	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	
					Día en Petri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					Hora conteo	0:00	0:30	3:00	0:00	2:00	3:35	1:00	3:00	23:45	2:00	1:00	1:00	
Maiz Morado (México)	MM	15	Por abajo	03/09/2023 04:00 Hrs.	G	Prueba 1	0	3	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0
						Prueba 2	0	2	5	2	0	0	0	1	0	0	0	0

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
10	5	67	33	15
10	5	67	33	

Tabla 7. Resultados Prueba de Germinación PG1, primera repetición, semillas de MAÍZ MORADO sin tratamiento.

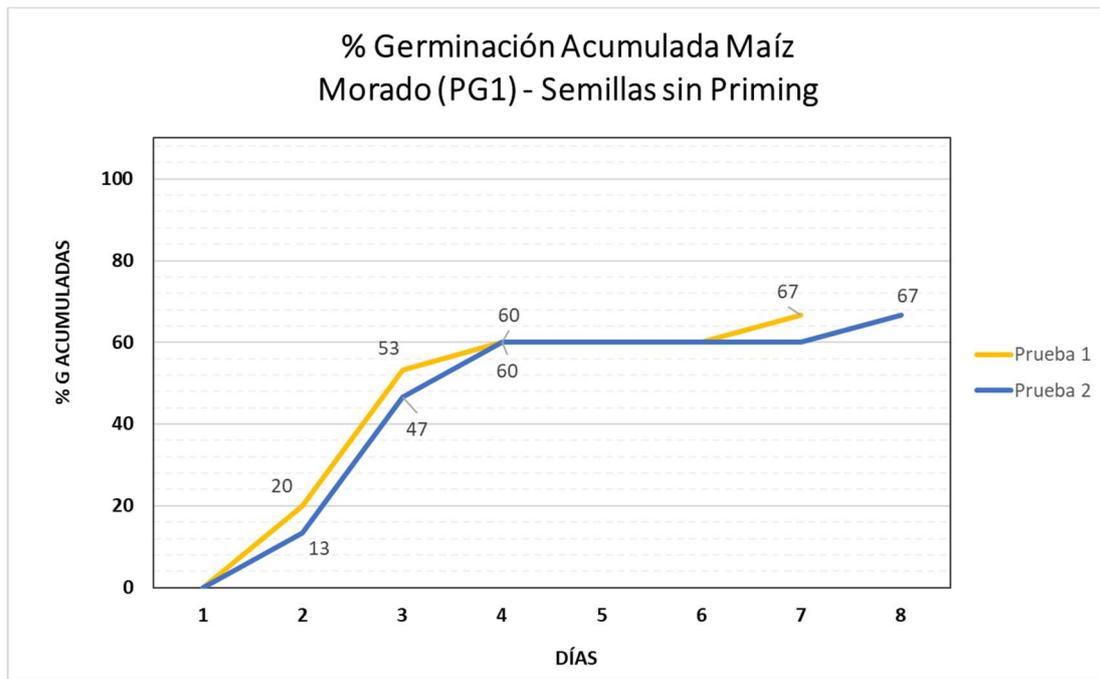


Figura 15. Germinación acumulada (%), PG1, primera repetición, semillas de maíz Morado sin tratamiento.

- Para las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Morado sin tratamiento de priming (PG1), la germinación acumulada fue 67% a los 7 días para la prueba 1 y 8 días para la prueba 2.
- La velocidad de germinación en ambas repeticiones fue la misma. Al 2do día de iniciada la prueba de germinación, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, esos 2 días correspondieron a 44 horas.
- Todas las semillas que germinaron lo hicieron entre el día 2 y el día 8 desde iniciada la prueba, es decir la germinación fue uniforme en este experimento.
- A partir de los días 7 y 8 no hubo más germinaciones.

Si bien las Tablas con los resultados correspondientes a las pruebas de germinación sin tratamiento de priming 2 y 3, para la variedad maíz Morado, se muestran en Anexos, los gráficos de germinación acumulada para estas dos repeticiones dobles se muestran a continuación.

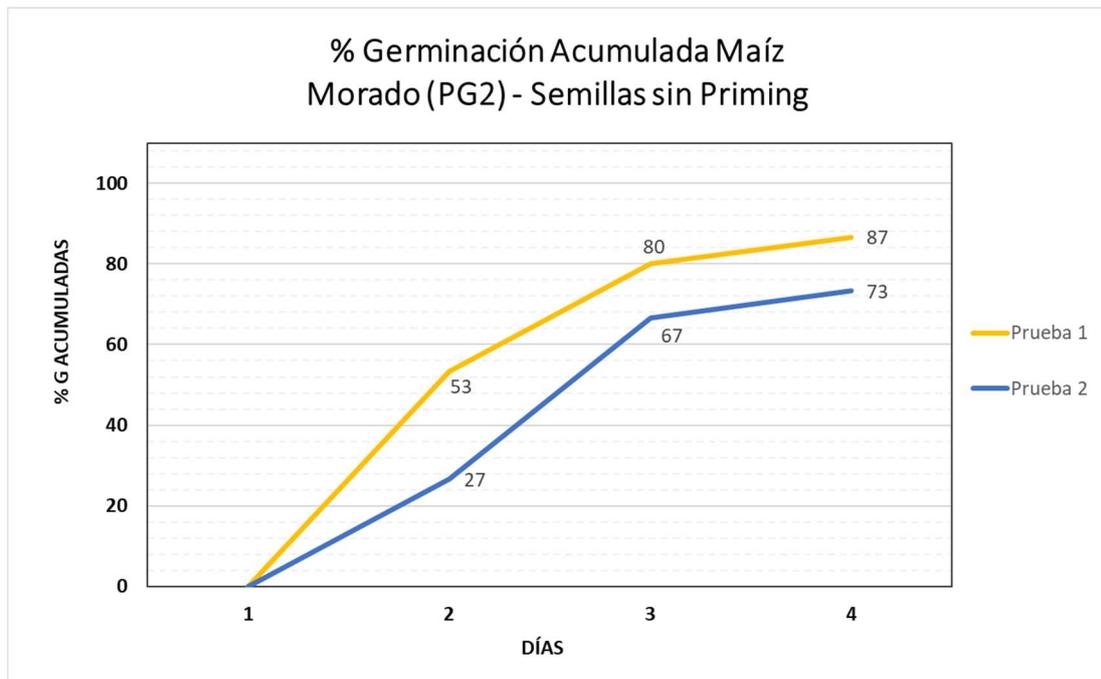


Figura 16. Germinación acumulada (%), PG2, segunda repetición, semillas de maíz Morado sin tratamiento.

- Para las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Morado sin tratamiento de priming (PG2), la germinación acumulada fue 87% en la prueba 1 y 73% en la prueba 2, ambas el día 4.
- La velocidad de germinación en ambas repeticiones fue la misma. Al 2 día de iniciada la prueba de germinación, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, y la hora de revisión de las placas Petri esos 2 días correspondieron a 48 horas.
- A partir del día 4 no hubo más germinaciones en ninguna de las dos pruebas.
- La uniformidad de germinación fue de 3 días en ambos casos.

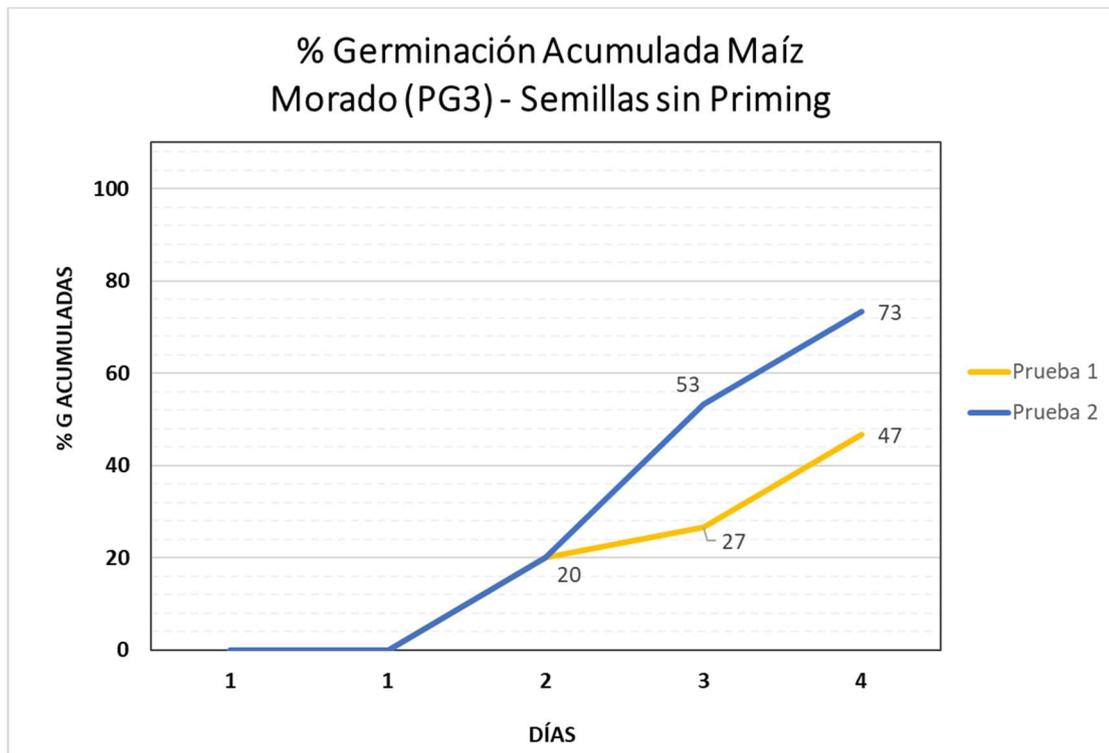


Figura 17. Germinación acumulada (%), PG3, tercera repetición, semillas de maíz Morado sin tratamiento.

- En este experimento se hicieron 2 revisiones al primer día de estar en germinación. Para las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Morado sin tratamiento de priming (PG3), la germinación acumulada fue 47% al cabo de 4 días para la prueba 1 y 73% en ese mismo tiempo para la prueba 2.
- A partir del día 4 no hubo más germinaciones en ninguno de los dos casos.
- La velocidad de germinación en ambas repeticiones fue la misma. El día 2, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, y la hora de revisión de las placas Petri esos 2 días correspondieron a 48 horas.
- La uniformidad de germinación fue la misma para ambas pruebas, todas las semillas germinaron en 3 días.

En las pruebas de germinación con la variedad maíz Morado (MM), y para las condiciones de ensayo (ver Tablas de datos), se obtuvieron 2 Tiempos  $T_1$  (velocidad de germinación):

$T_1$  (PG1) = 44 hrs.

$T_1$  (PG2) = 48 hrs.

$T_1$  (PG3) = 48 hrs.

AÑO 2023																		
Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	04-sept	05-sept	06-sept	07-sept	08-sept	09-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	
					T °C (24 hrs.)	22 - 29	22 - 27	22 - 27	24 - 28	25 - 28	23 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	
					H% (24 hrs.)	30 - 44	23 - 49	29 - 48	20 - 45	27 - 46	39 - 67	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	
					Día en Petri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					Hora conteo	0:00	0:30	3:00	0:00	2:00	3:35	1:00	3:00	23:45	2:00	1:00	1:00	
Maiz Tricolor (México)	MT	15	Por abajo	03/09/2023 04:00 Hrs.	G	Prueba 1	0	3	3	2	0	0	1	0	0	0	1	0
						Prueba 2	0	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
10	5	67	33	15
12	3	80	20	

Tabla 8. Resultados Prueba de Germinación PG1, primera repetición, semillas de MAÍZ TRICOLOR sin tratamiento.

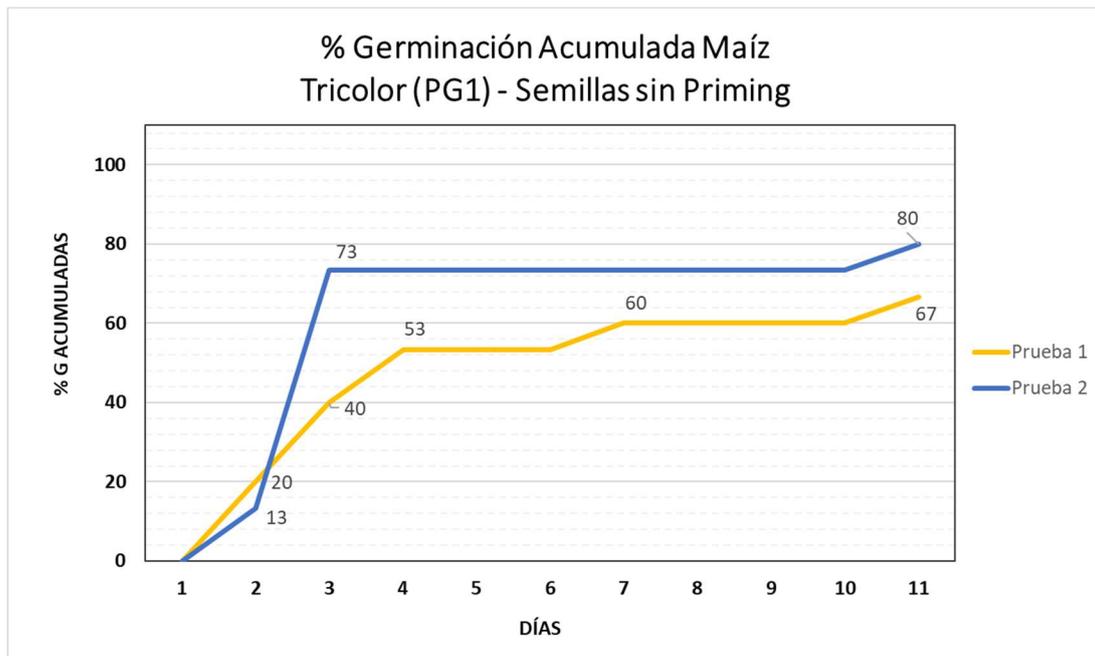


Figura 18. Germinación acumulada (%), PG1, primera repetición, semillas de maíz Tricolor sin tratamiento.

- Para las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Tricolor sin tratamiento de priming (PG1), la germinación acumulada fue de 67% a los 11 días para la prueba 1 y 80% en ese mismo tiempo para la prueba 2.
- La velocidad de germinación en ambas fue la misma. Al día 2 de iniciadas las pruebas, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, esos 2 días correspondieron a 44 horas.
- No obstante, en el mismo tiempo en la prueba 1 hubo un 20% de germinación en ese momento, y en la prueba 2 un 13%.
- La germinación fue uniforme con pequeñas diferencias. Todas las semillas que germinaron lo hicieron entre el día 2 y el día 11 desde iniciada la prueba.
- A partir de los días 11 no hubo más germinaciones.

Aunque las Tablas con los resultados correspondientes a las pruebas de germinación sin tratamiento de priming 2 y 3, para la variedad maíz Tricolor, se muestran en Anexos, los gráficos de germinación acumulada para estas dos repeticiones dobles se muestran a continuación.

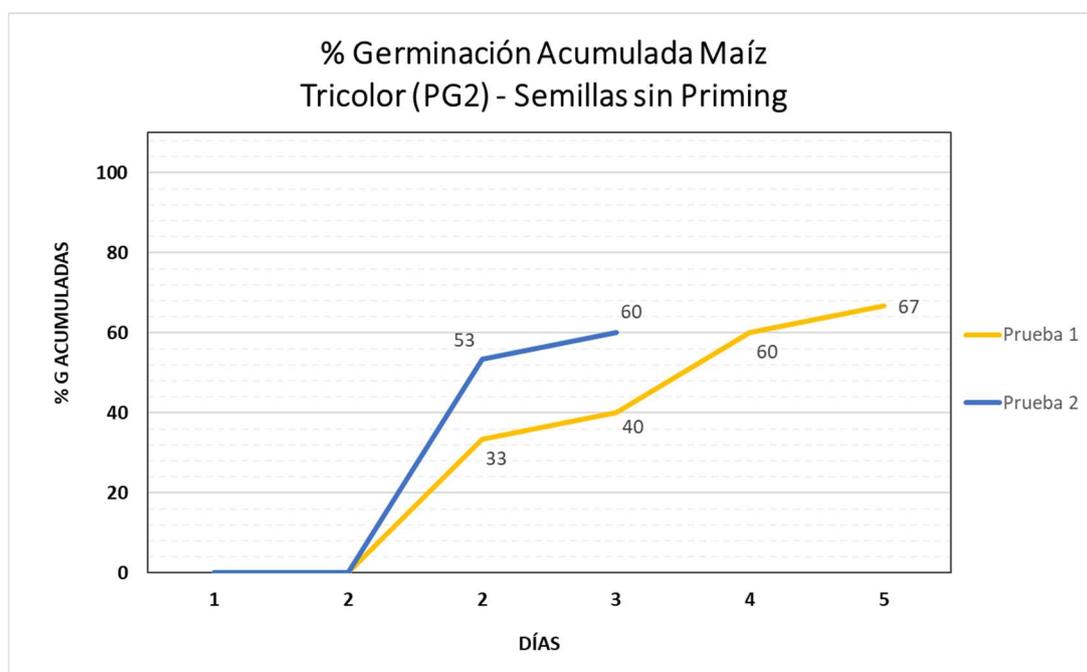


Figura 19. Germinación acumulada (%), PG2, segunda repetición, semillas de maíz Tricolor sin tratamiento.

- Para las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Tricolor sin tratamiento de priming (PG2), la germinación acumulada fue 67% al día 5 para la prueba 1 y 60% al día 3, para la prueba 2.
- (Nota.: En esta prueba se hicieron dos revisiones el día 2, la primera a la 01:30 hrs. y la siguiente a las 15:00 hrs. Las primeras germinaciones se registraron en la segunda revisión del día 2).
- La velocidad de germinación en ambas repeticiones fue la misma. Al 2 día de iniciada la prueba de germinación, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, y la hora de revisión de las placas Petri esos 2 días correspondieron a 48 horas.
- A partir del día 5 no hubo más germinaciones en la prueba 1 y del 3 día en la prueba 2, es decir, la uniformidad de germinación fue diferente entre una y otra.

- No hubo uniformidad de germinación entre las pruebas.

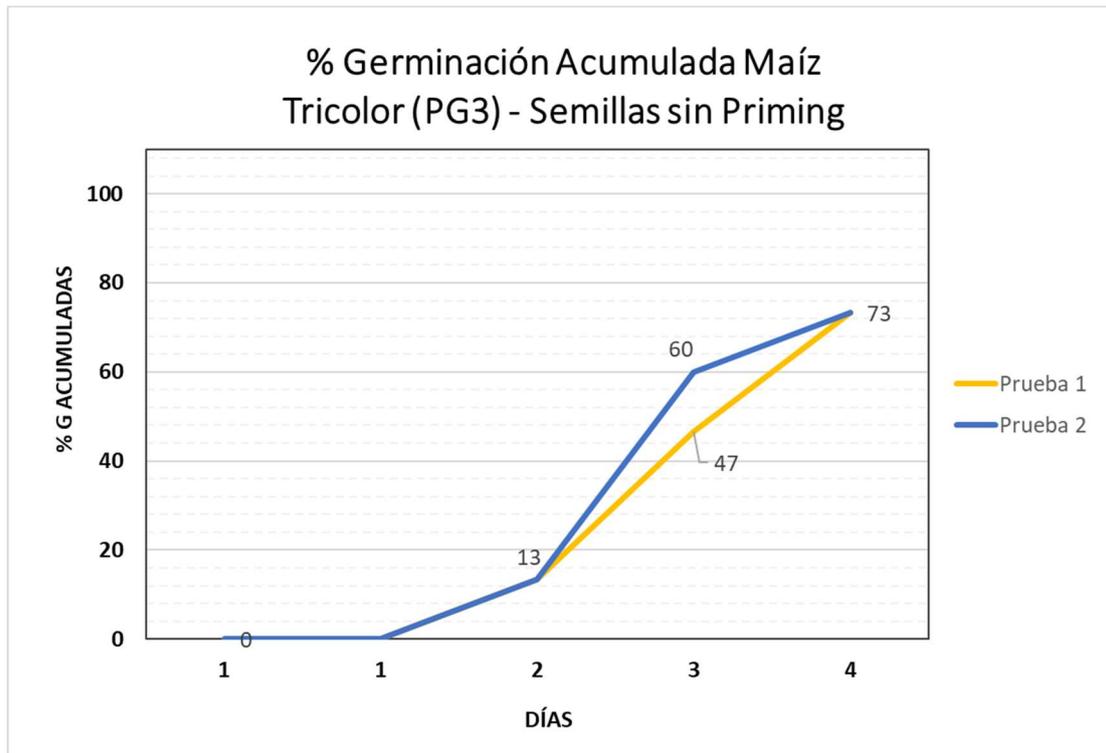


Figura 20. Germinación acumulada (%), PG3, tercera repetición, semillas de maíz Tricolor sin tratamiento.

- Para las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Tricolor sin tratamiento de priming (PG3), la germinación acumulada fue 73% al día 4.
- A partir del día 4 no hubo más germinaciones en ninguno de las pruebas.
- La velocidad de germinación en ambas repeticiones fue la misma. El día 2, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, y la hora de revisión de las placas Petri esos 2 días correspondieron a 48 horas.
- La uniformidad de germinación fue de 3 días para ambas muestras.

En las pruebas de germinación con la variedad maíz Tricolor, y para las condiciones de ensayo (ver Tablas de datos), se obtuvieron 2 Tiempos  $T_1$  (velocidad de germinación):

$T_1$  (PG1) = 44 hrs.

$T_1$  (PG2) = 48 hrs.

$T_1$  (PG3) = 48 hrs.

AÑO 2023												
Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	08-sept	09-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	
					T °C (24 hrs.)	25 - 28	23 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	
					H% (24 hrs.)	27 - 46	39 - 67	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	
					Día en Petri	1	2	3	4	5	6	
					Hora conteo	2:00	3:45	1:00	3:00	23:45	2:00	
Maiz Alpujarreño (Granada)	MT	15	Por abajo	07/09/2023 01:00 Hrs.	G	Prueba 1	0	13	1	0	0	0
						Prueba 2	0	12	3	0	0	0

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
14	1	93	7	15
15	0	100	0	

Tabla 9. Resultados Prueba de Germinación PG1, primera repetición, semillas de MAÍZ ALPUJARREÑO sin tratamiento

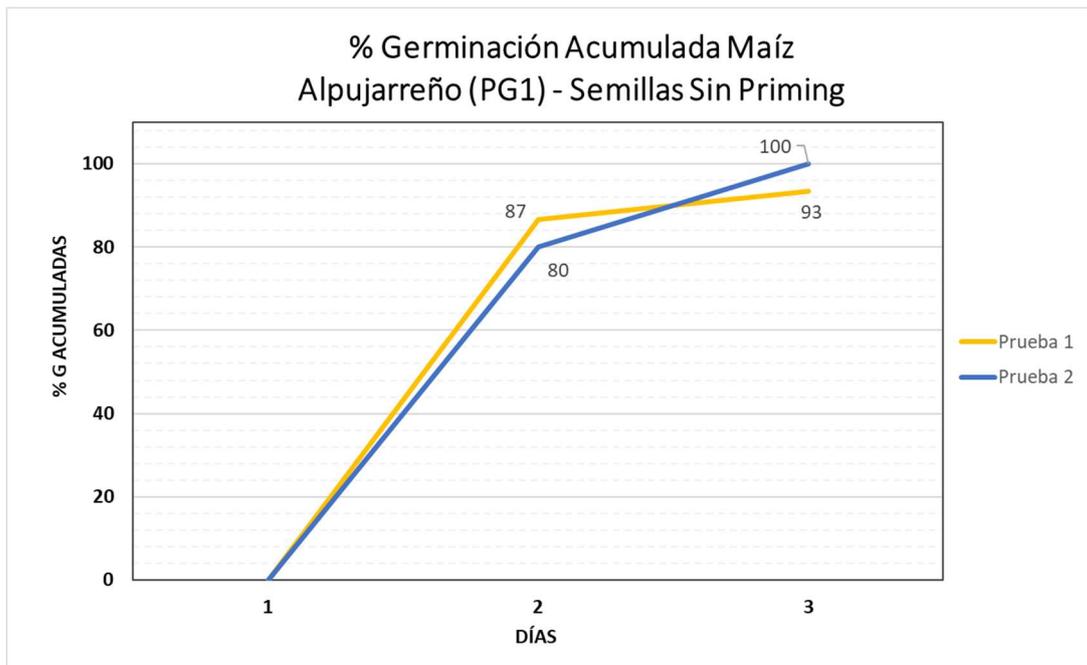


Figura 21. Germinación acumulada (%), PG1, primera repetición, semillas de maíz Alpujarreño sin tratamiento.

- Las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Alpujarreño sin tratamiento de priming (PG1), alcanzaron un 93% y 100% de germinación respectivamente a los 3 días.
- Si bien el primer día no hubo germinaciones, el día 2 ya había germinado el 87 y 80% de las semillas respectivamente.
- La velocidad de germinación en ambas repeticiones fue la misma. Al 2do día de iniciada la prueba de germinación, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, esos 2 días correspondieron a 49 horas.
- Hubo uniformidad de germinación entre las dos pruebas.

Si bien las Tablas de las con los resultados correspondientes a las pruebas de germinación sin tratamiento de priming 2 y 3, para la variedad maíz Alpujarreño se muestran en Anexos, los gráficos de germinación acumulada para estas dos repeticiones dobles se muestran a continuación.

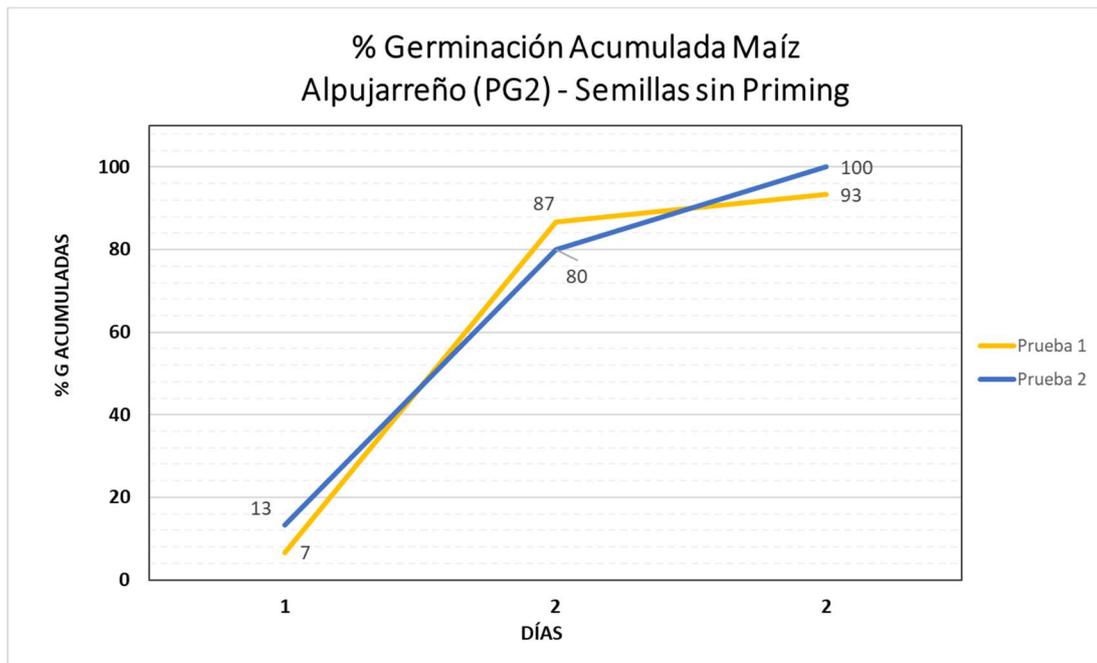


Figura 22. Germinación acumulada (%), PG2, segunda repetición, semillas de maíz Alpujarreño sin tratamiento.

- Las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Alpujarreño sin tratamiento de priming (PG1), alcanzaron un 93% y 100% de germinación respectivamente a los 2 días.
- Si bien el primer día no hubo germinaciones, en la primera revisión del 2 ya había germinado el 87 y 80% de las semillas respectivamente.
- La velocidad de germinación en ambas repeticiones fue la misma. Al día 1 de iniciada la prueba de germinación, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, esto correspondió a 28 horas.
- Hubo uniformidad de germinación entre las dos pruebas.

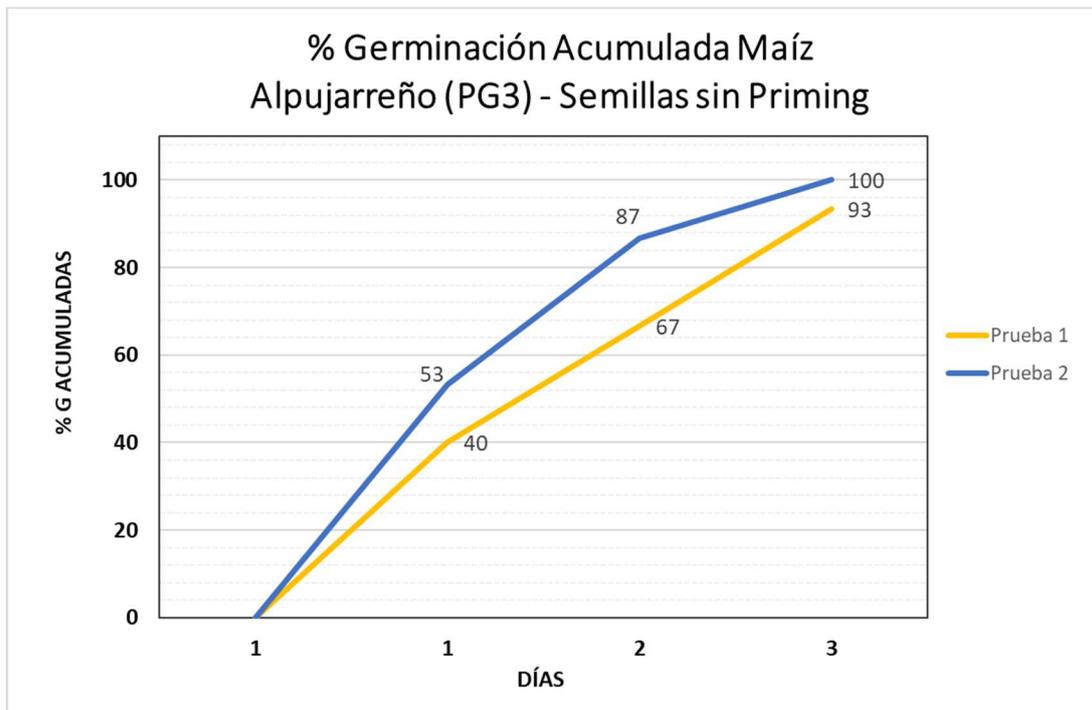


Figura 23. Germinación acumulada (%), PG3, tercera repetición, semillas de maíz Alpujarreño sin tratamiento.

- Las dos pruebas de germinación simultáneas de semillas de maíz Alpujarreño sin tratamiento de priming (PG3), alcanzaron un 93% y 100% de germinación respectivamente a los 3 días.
- En este caso hubo dos revisiones de la germinación al cabo de 1 día en las placas Petri. Como se puede observar, en la primera observación (pasadas 20 horas desde el inicio) aún no había germinaciones, pero en la segunda revisión (a 36 horas del inicio) ya había germinado el 40% y el 50% de las semillas de las muestras 1 y 2 respectivamente.
- La velocidad de germinación en ambas repeticiones fue la misma. Durante el día 1 desde iniciada la prueba de germinación, germinaron las primeras semillas. Considerando la hora de inicio del experimento, esto correspondió a 36 horas.
- Hubo uniformidad de germinación entre las dos pruebas.

En las pruebas de germinación con la variedad maíz Alpujarreño, y para las condiciones de ensayo (ver Tablas de datos), se obtuvieron 2 Tiempos  $T_1$  (velocidad de germinación):

$T_1$  (PG1) = 49 hrs.

$T_1$  (PG2) = 28 hrs.

$T_1$  (PG3) = 36 hrs.

### **5.2.2 RESULTADOS PRUEBAS DE GERMINACIÓN SEMILLAS CON TRATAMIENTO DE PRIMING**

Los Tiempos de Hidratación ( $T_h$ ) para los tratamientos de priming realizados, se obtuvieron a partir de los Tiempos de la 1ra Germinación ( $T_1$ ) de las pruebas de germinación de semillas sin tratamiento de priming, aplicando la relación Ecuación 1 mostrada anteriormente:

$$T_{h1} = (T_1 - 2) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Considerando que, a partir de las observaciones periódicas de los resultados de las pruebas de germinación, no siempre es posible determinar el momento preciso o muy cercano en el que emerge la radícula, ya que no estamos observando permanentemente, y que, por lo tanto, la determinación de  $T_1$ , bajo las condiciones de ensayo, está sujeta a incertidumbre, se consideraron variantes de  $T_h$ , es decir, no en todos los casos se consideró aplicar la ecuación 1, sino que también se aplicó una variante de dicha ecuación, la ecuación 2:

$$T_{hi} = (T_1 - 2) - \delta_{ti} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Para los experimentos realizados, los Tiempos de la 1ra germinación para cada variedad fueron los siguientes:

<b>Tiempos de 1ra Germinación (T1) en horas, para cada variedad de maíz (semillas sin tratamiento de priming)</b>				
<b>Ensayo</b>	<b>Rosetero</b>	<b>Morado</b>	<b>Tricolor</b>	<b>Alpujarreño</b>
PG1	70	44	44	49
PG2	62	48	48	28
PG3	68	48	48	36

Tabla 10. Tiempo de Germinación  $T_1$  establecido para cada variedad de maíz.

Además de los Tiempos de 1ra Germinación determinados a partir de las pruebas con las semillas sin tratamiento de priming, se tuvo en cuenta otras consideraciones para establecer los  $T_h$ . Estas consideraciones son las siguientes:

- Bajo condiciones de ensayo domésticas como las de esta investigación, la determinación de  $T_1$ , es imprecisa.
- En el caso de la variedad Alpujarreña, si bien en una de las pruebas hubo germinación aproximadamente a las 28 horas de iniciada la prueba, esa fue una situación excepcional, casi el total de las semillas germinaron más tarde. Por esta razón, para este caso, se consideró una variante para el  $T_h$  que no responde de manera exacta a la ecuación 1, sino que se estableció de acuerdo al tiempo  $T_1$  de la prueba de germinación PG3.

De acuerdo a esto, los Tiempos de Hidratación establecidos fueron los siguientes:

<b>Tiempos de Hidratación (Th) en horas, para cada variedad de maíz</b>				
<b>Variante</b>	<b>Rosetero</b>	<b>Morado</b>	<b>Tricolor</b>	<b>Alpujarreño</b>
Th1	62	32	32	30
Th2	65	35	35	32
Th3	68	41	41	34

Tabla 11. Tiempo de Hidratación  $T_h$  establecido para cada variedad de maíz.

A continuación, se muestran los resultados para cada variedad, de las pruebas de germinación realizadas a las semillas a las que previamente se les aplicó un tratamiento de hidropriming.

El tratamiento realizado en cada caso se indica en la primera columna de cada tabla y en los gráficos de porcentaje de germinación acumulada, para cada experimento.

AÑO 2023														
Tratamiento	Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	18-sept	19-sept	20-sept	21-sept	22-sept	23-sept	24-sept	25-sept
						T °C (24 hrs.)	25 - 27	25 - 26	25 - 26	22 - 23	22 - 23	22 - 23	23 - 24	23 - 24
						H% (24 hrs.)	28-52	34-41	36-37	51-56	52-54	52 - 64	52-64	52-64
						Día en Petri	1	2	3	4	5	6	7	8
						Hora conteo	3:45	1:35	1:45	0:40	2:00	0:15	1:15	1:30
Remojo con aire 62 horas y secado 24 horas	Maiz Rosetero (Córdoba)	MR	15	Por abajo	17/09 a las 20:55	G	Prueba 1	0	2	1	1	0	0	0
17/09 a las 23:30					Prueba 2		0	4	1	0	0	1	0	0
18/09 a la 02:00					Prueba 3		0	1	1	1	0	0	0	0

Tabla 12. Resultados Prueba de Germinación PG4, semillas de MAÍZ ROSETERO con Priming.

Año 2023					
Germinación Acumulada Maíz Rosetero (MR) con tratamiento de priming , única prueba (PG4)					
Tratamiento de Priming	Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
Remojo con aire 62 horas y secado 24 horas	4	11	27	73	15
Remojo con aire 65 horas y secado 24 horas	6	9	40	60	
Remojo con aire 68 horas y secado 26,5 horas	3	12	20	80	

Tabla 13. Germinación acumulada maíz Rosetero con priming.

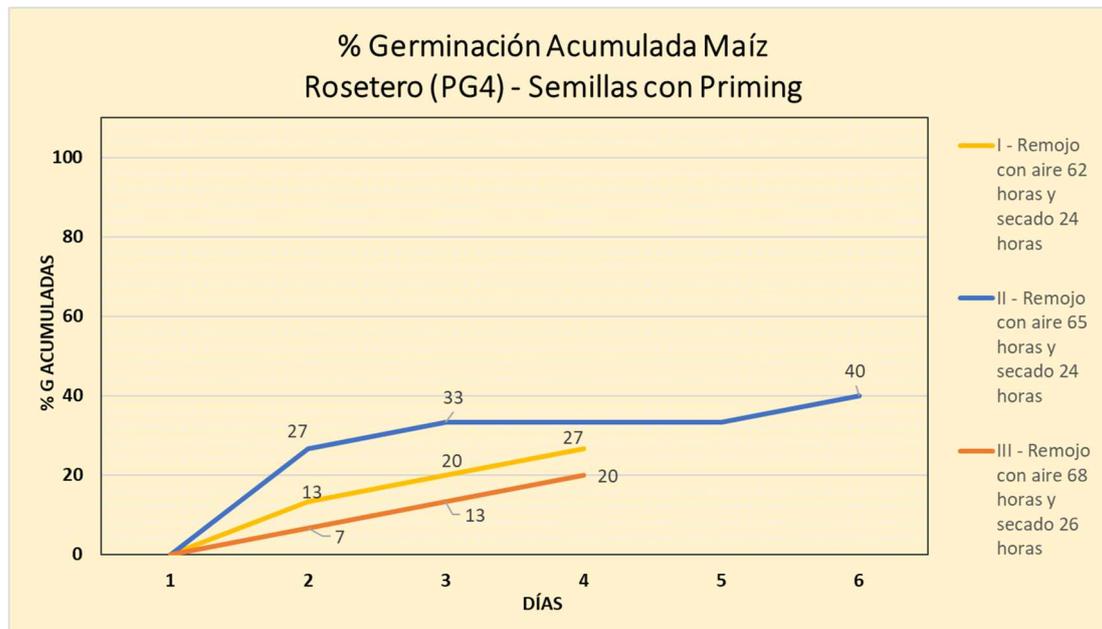


Figura 24. Germinación acumulada (%), PG4, semillas de maíz Rosetero con tratamiento de priming.

- En la prueba de germinación con semillas de maíz Rosetero con tratamiento de priming, se hizo una sola repetición con 3 variantes diferentes de Tiempo de

Hidratación de acuerdo a lo señalado en la Tabla 12 y en la propia leyenda del gráfico de la figura 24.

- En las 3 variantes las semillas comenzaron a germinar al segundo día.
- A partir del día 4 no hubo más germinaciones de las semillas tratadas con las variantes de I y III, llegando a germinar el 27 y 20% respectivamente.
- Con la variante 4 hubo germinaciones hasta el 6 día, llegando a germinar el 40% de las semillas.

AÑO 2023																
Tratamiento	Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	17-sept	17-sept	19-sept	20-sept	21-sept	22-sept	23-sept	24-sept	25-sept	
						T °C (24 hrs.)	25 - 27	25 - 27	25 - 26	25 - 26	22 - 23	22 - 23	22 - 23	23 - 24	23 - 24	
						H% (24 hrs.)	28 - 52	28 - 52	34-41	36-37	51-56	52-54	52- 64	52-64	52-64	
						Día en Petri	1	1	2	3	4	5	6	7	8	
						Hora conteo	3:15	23:45	0:30	1:00	0:40	2:00	0:15	1:15	1:30	
Remojo con aire 32 horas y secado 60 horas	Maiz Morado (México)	MM	15	Por abajo	15/09/2023 a las 22:15	G	Prueba 1	2	4	3	1	2	1	0	0	0
15/09/2023 a las 22:15					Prueba 2		1	9	0	2	0	3	0	0	0	
15/09/2023 a las 22:15					Prueba 3		1	6	2	0	2	2	0	0	0	

Tabla 14. Resultados Prueba de Germinación PG4, semillas de MAÍZ MORADO con Priming.

Año 2023					
Germinación Acumulada Maíz Morado (MM) con tratamiento de priming , única prueba (PG4)					
Tratamiento de Priming	Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
Remojo con aire 32 horas y secado 60 horas	13	2	87	13	15
Remojo con aire 35 horas y secado 60 horas	15	0	100	0	
Remojo con aire 41 horas y secado 60 horas	13	2	87	13	

Tabla 15. Germinación acumulada maíz Morado con priming.

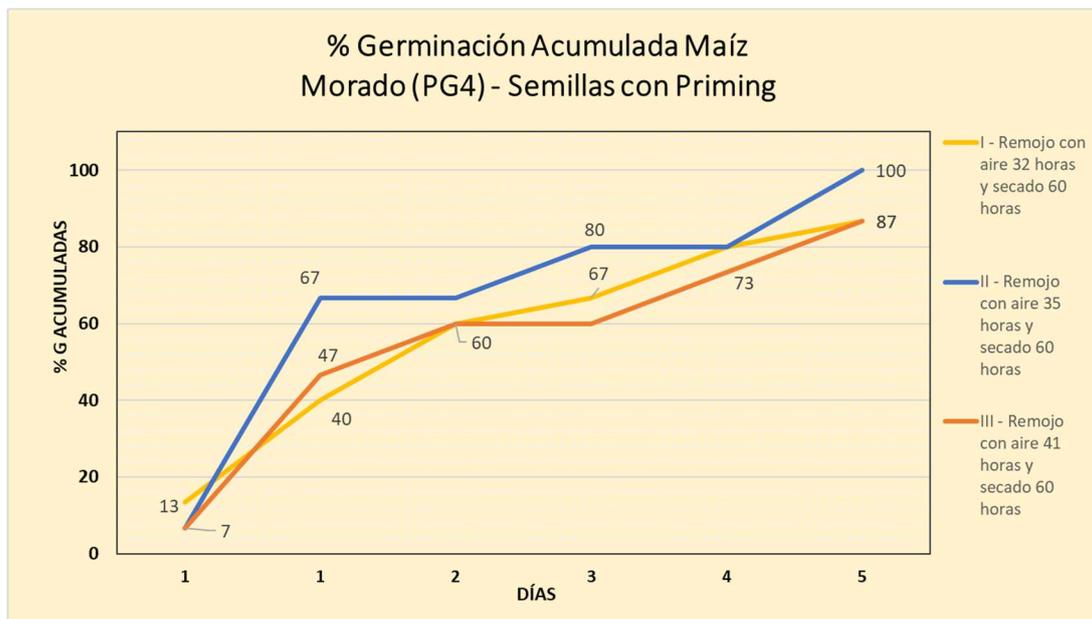


Figura 25. Germinaciones acumuladas (%), PG4, semillas de maíz Morado con tratamiento de priming.

- En la prueba de germinación con semillas de maíz Morado con tratamiento de priming, también se efectuó una sola repetición con 3 variantes diferentes de Tiempo de Hidratación de acuerdo a lo señalado en la Tabla 14 y en la propia leyenda del gráfico de la figura 25.

- En este caso, la germinación se inició el primer día después del inicio del tratamiento, razón por la cual esta placa fue revisada nuevamente en esa misma jornada, encontrándose que los porcentajes de germinación para las 3 variantes de tratamiento aumentaron rápidamente de 7% y 13%, en el que estaban en la primera revisión, a 40, 47 y 67% para los tratamientos I, III y II respectivamente.
- La germinación acumulada al día 5, fue de 100% para la variante II, y 87% para las variantes I y III.
- Hubo 100% de uniformidad de germinación entre las 3 variantes de tratamiento.
- El mejor comportamiento se presentó con la variante II, remojo con oxigenación durante 35 horas y secado por 60 horas.

AÑO 2023																
Tratamiento	Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha		17-sept	17-sept	19-sept	20-sept	21-sept	22-sept	23-sept	24-sept	25-sept
						T °C (24 hrs.)	25 - 27	25 - 27	25 - 26	25 - 26	22 - 23	22 - 23	22 - 23	23 - 24	23 - 24	
						H% (24 hrs.)	28 - 52	28 - 52	34-41	36-37	51-56	52-54	52 - 64	52-64	52-64	
						Día en Petri	1	1	2	3	4	5	6	7	8	
						Hora conteo	3:15	23:45	0:30	1:00	0:40	2:00	0:15	1:15	1:30	
Remojo con aire 32 horas y secado 60 horas	Maiz Tricolor (México)	MT	15	Filtro de papel alto gramaje mojado con agua destilada POR ABAJO	15/09/2023 a las 22:15	G	Prueba 1	2	3	1	0	0	0	0	0	0
15/09/2023 a las 22:15					Prueba 2		2	3	0	0	0	0	0	0	0	
15/09/2023 a las 22:15					Prueba 3		0	2	3	0	0	0	0	0	0	

Tabla 16. Resultados Prueba de Germinación PG4, semillas de MAÍZ TRICOLOR con Priming.

Año 2023					
Germinación Acumulada Maíz Tricolor (MT) con tratamiento de priming, única prueba (PG4)					
Tratamiento de Priming	Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
Remojo con aire 32 horas y secado 60 horas	6	9	40	60	15
Remojo con aire 35 horas y secado 60 horas	5	10	33	67	
Remojo con aire 41 horas y secado 60 horas	5	10	33	67	

Tabla 17. Germinación acumulada maíz Tricolor con priming.

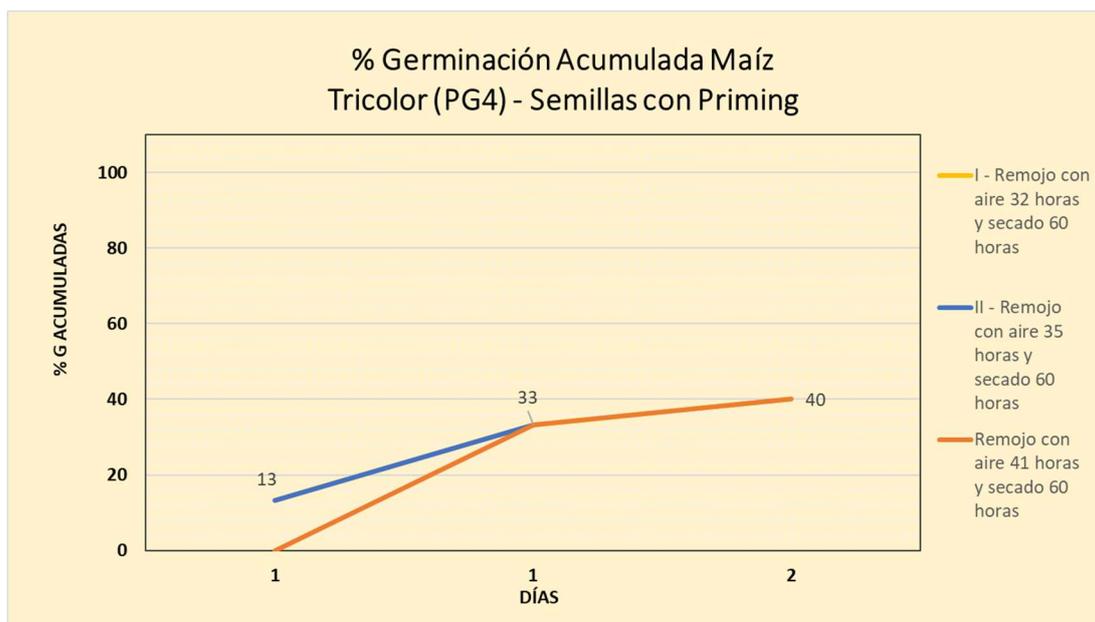


Figura 26. Germinaciones acumuladas (%), PG4, semillas de maíz Tricolor con tratamiento de priming.

- En la prueba de germinación con semillas de maíz Tricolor con tratamiento de priming, también se efectuó una sola repetición con 3 variantes diferentes de Tiempo de Hidratación de acuerdo a lo señalado en la Tabla 16 y en la propia leyenda del gráfico 26.
- Al igual que para la variedad Morado, la germinación se inició el primer día después de iniciado el tratamiento, para las variantes I y II. Por esta razón se decidió revisar

nuevamente el día 1, encontrándose germinación también para la variante III, de manera que bajo las 3 variantes la germinación acumulada fue 33%.

- Finalmente, la germinación acumulada llegó a 40% al día 2 para las variantes I y III, pero a partir de ese momento no hubo más germinaciones.

AÑO 2023											
Tratamiento	Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	16-sept	17-sept	18-sept	19-sept	
						T °C (24 hrs.)	25 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 26	
						H% (24 hrs.)	26 - 38	28 - 52	36 - 37	34-41	
						Día en Petri	1	2	3	4	
						Hora conteo	0:30	2:00	0:10	1:15	
Remojo 30 horas y secado de 56 horas de secado	Maíz Alpujareño (Alpujarra, Granada)	MA	15	Por abajo	14/09/2023 a las 16:30	G	Prueba 1	10	4	1	-
Remojo 32 horas y secado de 56 horas de secado					14/09/2023 a las 16:35		Prueba 2	8	3	3	0
Remojo 34 horas y secado de 56 horas de secado					14/09/2023 a las 16:40		Prueba 3	10	2	2	1

Tabla 18. Resultados Prueba de Germinación PG4, semillas de MAÍZ ALPUJARREÑO con Priming.

Año 2023					
Germinación Acumulada Maíz Alpujarreño (MA) con tratamiento de priming, tercera repetición (PG4)					
Tratamiento de Priming	Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
Remojo 30 horas y secado de 56 horas de secado	15	0	100	0	15
Remojo 32 horas y secado de 56 horas de secado	14	1	93	7	
Remojo 34 horas y secado de 56 horas de secado	15	0	100	0	

Tabla 19. Germinación acumulada maíz (PG4) Alpujarreño con priming.

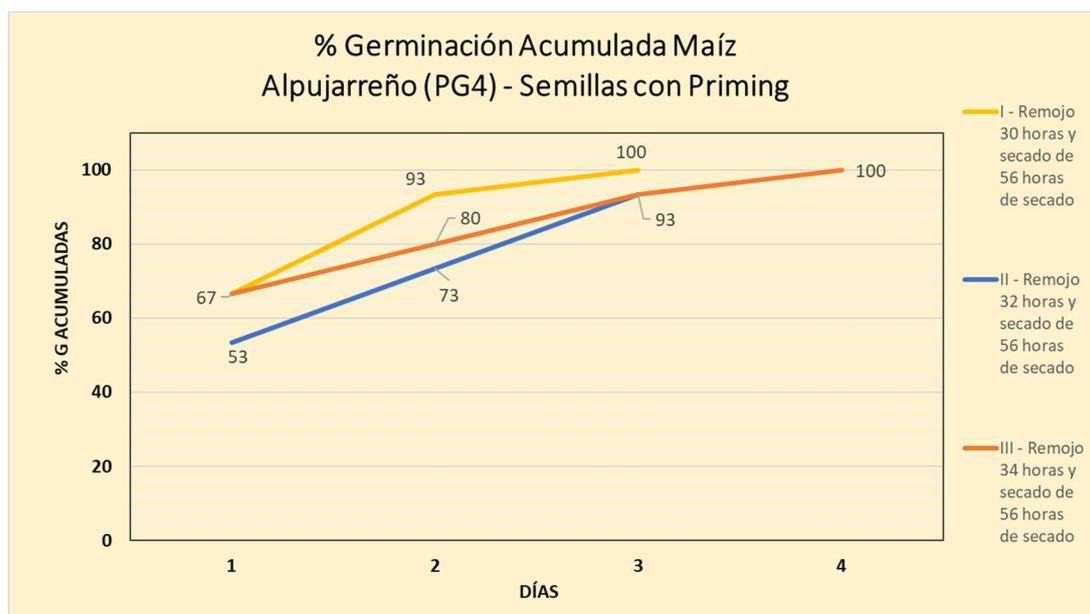


Figura 27. Germinaciones acumuladas (%), PG4, semillas de maíz Alpujarreño con tratamiento de priming.

- El día 1 después de iniciado el tratamiento, más de la mitad de todas las semillas habían germinado.
- La germinación acumulada de las semillas con la variante I de tratamiento fue de 100% al día 3. La variante III llegó a este mismo porcentaje el día 4.
- La germinación acumulada con la variante II fue 93% al día 3.

Con las semillas de maíz Alpujarreño se pudo realizar otras 2 repeticiones de pruebas de germinación post tratamiento de priming. A continuación, se muestran las tablas de germinación acumulada de estos dos experimentos y los gráficos correspondientes. Los datos con los resultados más detallados se muestran en los anexos.

Año 2023					
Germinación Acumulada Maíz Alpujarreño (MA) con tratamiento de priming, tercera repetición (PG5)					
Tratamiento de Priming	Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
Remojo con aire 30 horas y secado 36 horas	14	1	93	7	15
Remojo con aire 32 horas y secado 37 horas	14	1	93	7	
Remojo con aire 34 horas y secado 37 horas	15	0	100	0	

Tabla 20. Germinación acumulada maíz (PG5) Alpujarreño con priming.

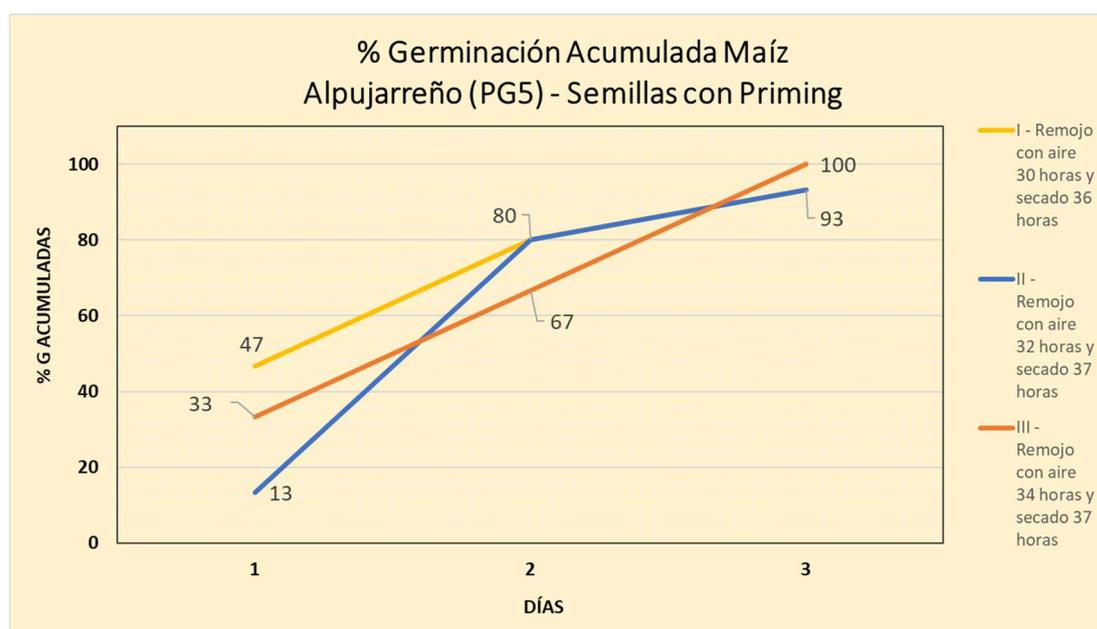


Figura 28. Germinaciones acumuladas (%), PG5, semillas de maíz Alpujarreño con tratamiento de priming.

Año 2023					
Germinación Acumulada Maíz Alpujarreño (MA) con tratamiento de priming, tercera repetición (PG6)					
Tratamiento de Priming	Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
Remojo con aire 30 horas y secado 36 horas	14	1	93	7	15
Remojo con aire 32 horas y secado 37 horas	14	1	93	7	
Remojo con aire 34 horas y secado 37 horas	14	1	93	7	

Tabla 21. Germinación acumulada (PG6) maíz Alpujarreño con priming.

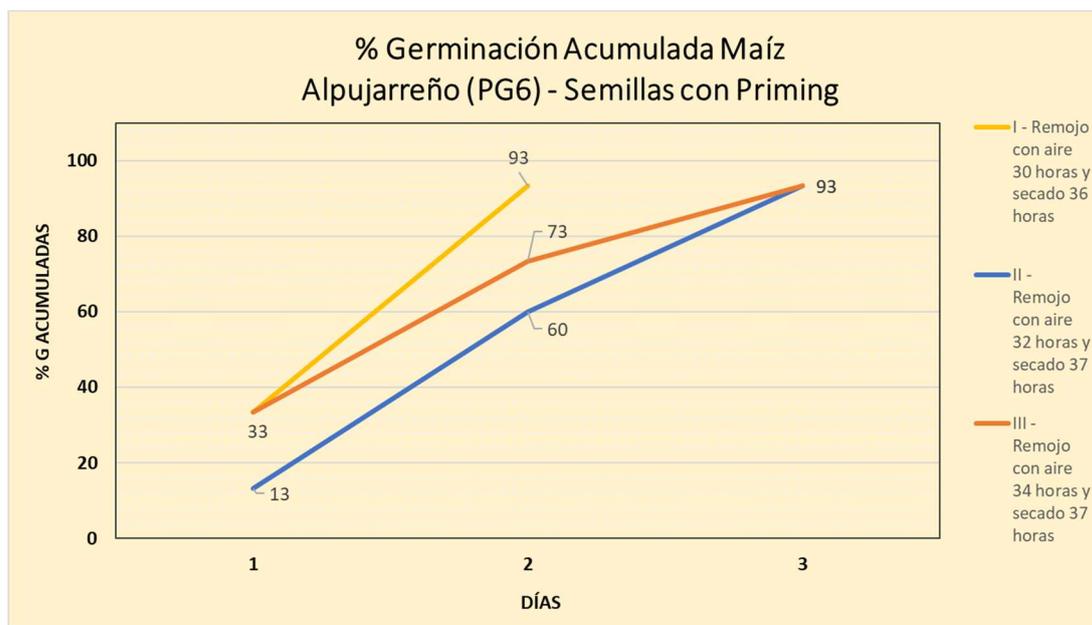


Figura 29. Germinaciones acumuladas (%), PG6, semillas de maíz Alpujarreño con tratamiento de priming.

- En estas dos repeticiones se mantuvo el comportamiento. Las semillas comenzaron a germinar el día 1 y alcanzaron su máxima germinación al día 2 para la variante I y el día 3 para las variantes II y III, llegando al 93% en los tres casos.

## VI. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con relación a lo ocurrido en las pruebas de germinación de semillas sin tipo de tratamiento de priming realizados el año 2022, que obligó a cesar los experimentos en aquella oportunidad, se tienen dos hipótesis:

- Por un lado, las altas temperaturas durante la primavera y el verano de ese año, y en consecuencia las que se transmitieron al interior de la vivienda donde se realizaron los experimentos (superior a 30°C permanentemente), impidió la germinación adecuada.
- Por otro lado, esta misma situación provocó que la duración de la humedad del sustrato fuese inferior a 24 horas, dejando a las semillas sin agua muy rápidamente lo que obligó a abrir las placas Petri más seguido para agregarles líquido. Esto, junto con las variables ambientales pueden haber sido caldo cultivo para patógenos ya que les ofrece más oportunidades de ingresar, a pesar de la aplicación de los protocolos de desinfección.
- Adicionalmente, se cree que las semillas adquiridas podían haber estado en mal estado de conservación desde su origen, o se deterioraron por las condiciones ambientales y de almacenamiento en la misma vivienda, durante el tiempo transcurrido entre el momento en el que fueron adquiridas y la fecha en la que se pudo iniciar los experimentos.

Con relación a los resultados de los ensayos de 2023, en general:

- Para las 4 variedades de maíz se observa mejora en la velocidad de germinación.
- En general el aumento de la velocidad de germinación fue de 1 día y en algunos casos de 2.
- No se observan cambios significativos en la uniformidad de germinación.
- Con relación al número de germinaciones, se observa mejora significativa para las variedades Alpujarreño y Morado.
- Los mejores resultados entre las pruebas de germinación sin y con tratamiento de priming, se observaron para la variedad de maíz Morado.
- La variedad de maíz Alpujarreño, o al menos el lote al que se tuvo acceso, resultó ser muy fecundo en ambas situaciones (sin y con priming), no obstante, el tratamiento

mejoró la velocidad de germinación con un gran porcentaje de las semillas germinando el día 1.

A continuación, se muestra un análisis por variedad.

### Análisis variedad maíz Rosetero:

Al revisar agrupados los gráficos ya mostrados de germinación acumulada para la variedad de maíz Rosetero, se observa lo siguiente al comparar las pruebas de germinación sin tratamiento (PG1, PG2, PG3) y contratamiento de priming (PG4).

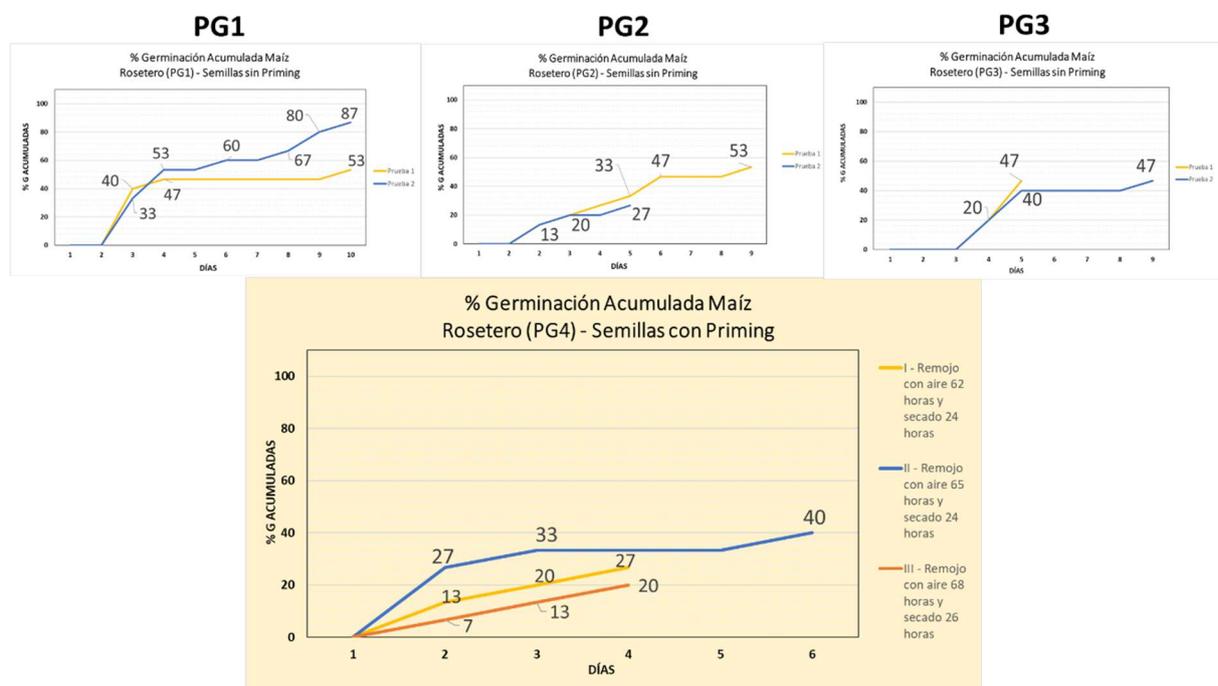


Figura 30. Comparación maíz Rosetero sin priming vs Rosetero con priming.

- La mejora evidente en este caso es en la velocidad de germinación. En este sentido, con relación a las pruebas PG1 y PG2, en la prueba PG4 (semillas con Priming), la germinación mejoró en 1 día y con relación a PG3 en 2 días.
- No obstante, no aumentó el número de semillas que germinaron, siendo similar al número de germinaciones de las pruebas PG2 y PG3, resultando significativamente menor que las germinaciones que se tuvieron con PG1, donde la germinación a acumulada alcanzó el 87% en una de la prueba 2 y 53% en la prueba 1, en

circunstancias que en el ensayo con priming (PG4) la mejor germinación acumulada fue para la variante II, con 40%.

### Análisis variedad maíz Morado:

Al revisar agrupados los gráficos ya mostrados de germinación acumulada para la variedad de maíz Morado (PG1, PG2, PG3), se observa lo siguiente al comparar las pruebas de germinación sin tratamiento y contratamiento de priming (PG4):

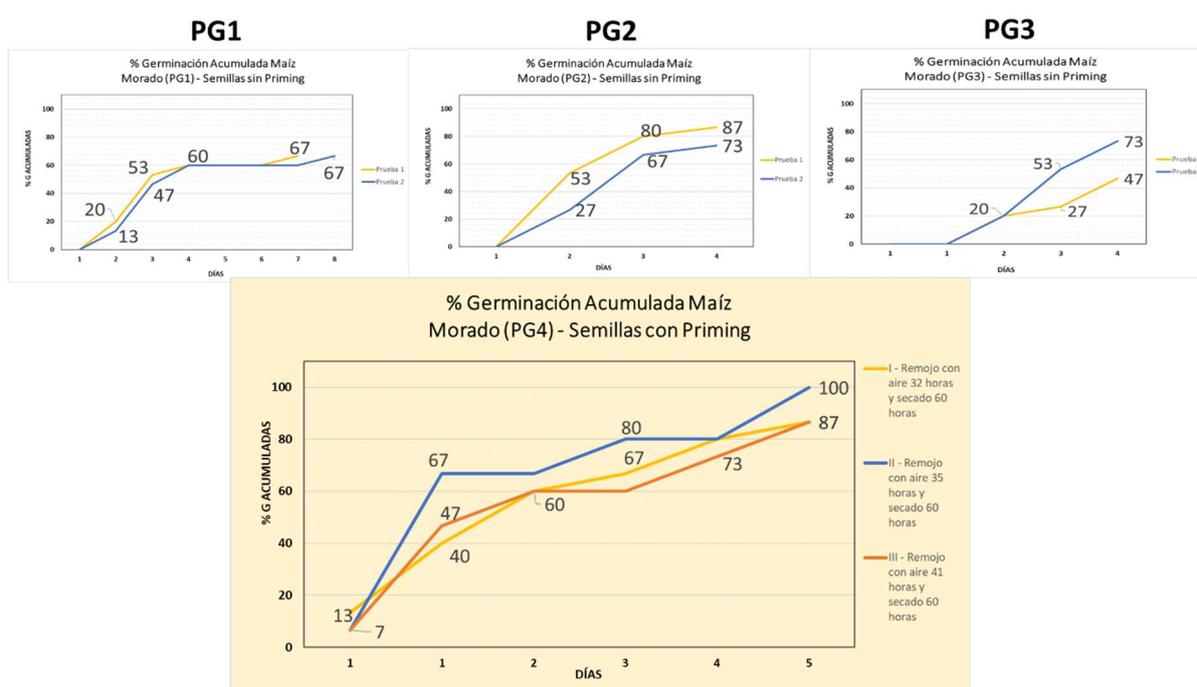


Figura 31. Comparación maíz Morado sin priming vs Morado con priming.

- Para esta variedad se observaron los mejores resultados ya que mejoraron todas las variables consideradas: Velocidad de germinación, uniformidad de germinación y número de semillas germinadas.
- Como se observa en PG4, hubo germinaciones al día 1 de estar las semillas en las placas Petri, llegando a observarse en la segunda revisión del primer día, porcentajes de germinación de 40, 47 y 67%, situación que no se produjo en ninguna de las pruebas sin tratamiento (Obsv Se debe recordar que para PG4 hubo 2 revisiones el día 1).

- Si se compara el valor más alto de % de germinación acumulada al día 1 entre cualquier La velocidad de germinación mejoró en más de un 400% al comparar el mejor resultado para la Germinación Acumulada al cabo de 1 día para para e evidente en este caso es en la velocidad de germinación. En este sentido, con relación a las pruebas PG1 y PG2, en la prueba PG4 (semillas con Priming), la germinación mejoró en 1 día y con relación a PG3 en 2 días.
- Además, mejoró la uniformidad de la germinación, sobre todo con respecto a la que se observó en PG3.
- Por otro lado, si bien para esta variedad la germinación sin tratamiento fue alta, en la prueba con tratamiento el número de germinaciones fue aún mayor, llegando a 100% a los 4 días con la variante II y a 87% con las variantes de tratamiento I y III, en ese mismo tiempo, en circunstancias que, en las pruebas sin tratamiento, la germinación acumulada más alta fue 87% en la prueba 1 de PG2.
- No obstante, no aumentó el número de semillas que germinaron, siendo similar al número de germinaciones de las pruebas PG2 y PG3, resultando significativamente menor que las germinaciones que se tuvieron con PG1, donde la germinación a acumulada alcanzó el 87% en una de la prueba 2 y 53% en la prueba 1, en circunstancias que en el ensayo con priming (PG4) la mejor germinación acumulada fue para la variante II, con 40%.
- En este caso se puede definir entonces un óptimo con el tratamiento II de semillas de maíz Morado de la siguiente manera:

<b>TRATAMIENTO ÓPTIMO DE PRIMING PARA VARIEDAD DE MAÍZ MORADO (Ecojaral, Granada)</b>	
<b>1° Paso Hidratación</b>	Hidratación en agua corriente con oxigenación mediante bombeo suave del agua durante todo el proceso
<b>Tiempo de Hidratación</b>	35 horas
<b>Temperatura del recinto durante hidratación</b>	23 - 27 °C
<b>2° Paso Deshidratación</b>	Deshidratación (secado) post hidratación
<b>Tiempo de Deshidratación</b>	60 horas
<b>Temperatura del recinto durante hidratación</b>	23 - 27 °C

Tabla 22. Tratamiento óptimo de priming para la variedad de maíz Morado.

## Análisis variedad maíz Tricolor:

Al revisar agrupados los gráficos ya mostrados de germinación acumulada para la variedad de maíz Tricolor, se observa lo siguiente al comparar las pruebas de germinación sin tratamiento (PG1, PG2, PG3) y contrataniento de priming (PG4):

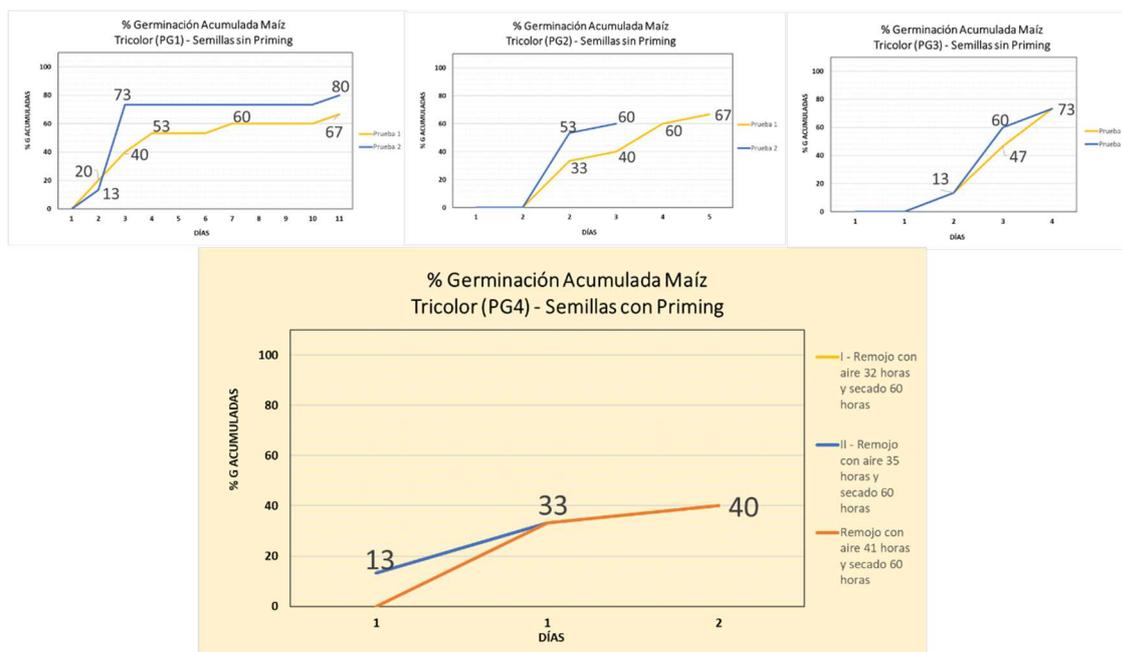


Figura 32. Comparación maíz Tricolor sin priming vs Tricolor con priming.

- En este caso el resultado fue muy similar a lo ocurrido con la variedad de maíz Rosetero. La mejora evidente es en la velocidad de germinación, pero la germinación acumulada fue inferior a los resultados obtenidos con las semillas sin tratamiento.

## Análisis variedad maíz Alpujarreño:

Al revisar agrupados los gráficos de germinación acumulada con relación a la variedad de maíz Tricolor se observa lo siguiente al comparar las pruebas de germinación sin tratamiento (PG1, PG2 y PG3) y contrataniento de priming:

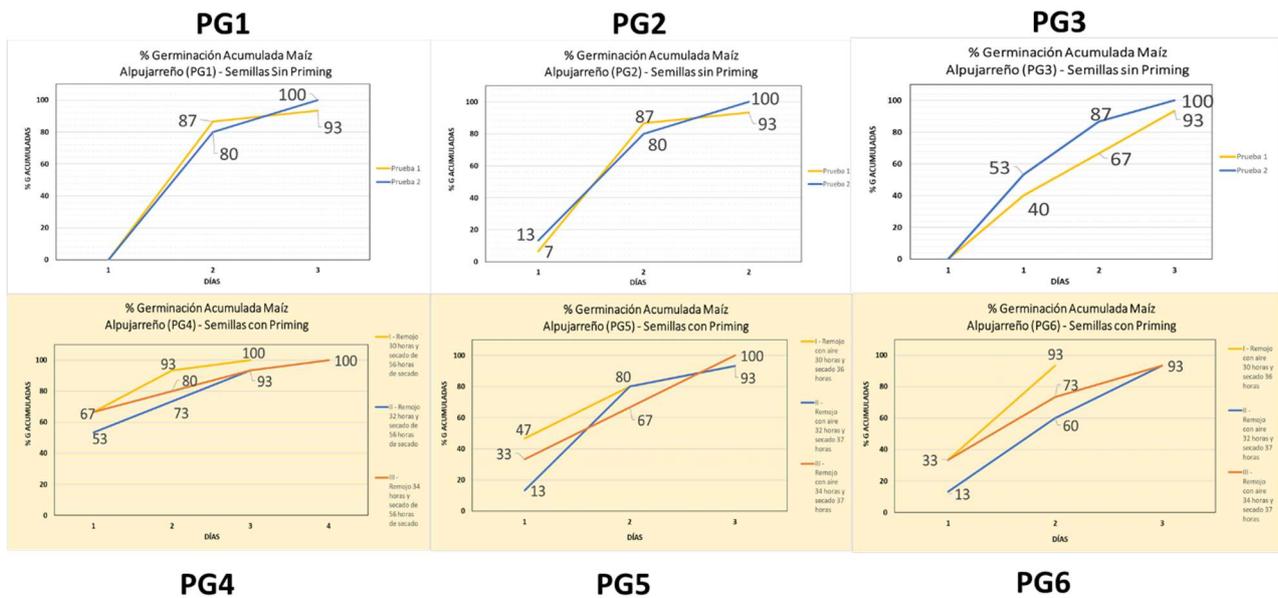


Figura 33. Comparación maíz Alpujarreño sin priming vs Alpujarreño con priming.

- Para esta variedad se observaron buenos resultados al aplicar el tratamiento de priming para 2 variables: velocidad de germinación y número de germinaciones en el día 1.
- Pasado un día en germinación, germinaron entre el 13% de las semillas (PG5 y PG6) y el 67% de las semillas (PG4).
- Si se compara el mejor resultado de germinación acumulada al día 1, para cualquiera de las pruebas de germinación, sin hidropriming, que fue de 13%, y el mismo dato para las pruebas con hidropriming, que fue de 67%, se puede ver que la mejora en la velocidad de germinación fue de más de 400%.
- A pesar de la fecundidad de esta variedad y del lote ensayado, esto no ocurrió para las semillas sin tratamiento donde al cabo del primer día el mejor resultado fue de 13% (PG2).
- La uniformidad de germinación y la germinación acumulada final fueron similares entre las semillas sin tratamiento y con tratamiento.
- En este caso, se encontró un óptimo para la variedad maíz Alpujarreño con la variante I de PG4, resumiéndose en la Tabla 23.

<b>TRATAMIENTO ÓPTIMO DE PRIMING PARA VARIEDAD DE MAÍZ ALPUJARREÑO (Alpujarra, Granada)</b>	
<b>1° Paso Hidratación</b>	Hidratación en agua corriente con oxigenación mediante bombeo suave del agua durante todo el proceso
<b>Tiempo de Hidratación</b>	30 horas
<b>Temperatura del recinto durante hidratación</b>	23 - 27 °C
<b>2° Paso Deshidratación</b>	Deshidratación (secado) post hidratación
<b>Tiempo de Deshidratación</b>	56 horas
<b>Temperatura del recinto durante hidratación</b>	23 - 27 °C

Tabla 23. Tratamiento óptimo de priming para la variedad de maíz Alpujarreño.

## VII. PROPUESTA DE MANUAL DE PRIMING PARA DOS VARIEDADES DE MAÍZ.

Se determinó un óptimo para cada una de las siguientes variedades:

<b>Especie</b>	<b>Variedad</b>	<b>Origen</b>	<b>Proveedor</b>
Maíz	Morado (MM)	México	Ecojara (Granada)
	Alpujarreño (MA)	Alpujarra, Granada	Cooperativa Hortigas (Granada)

Tabla 24. Variedades para las cuales se obtuvo un óptimo.

A continuación, se muestra lo que sería una propuesta de un sencillo Manual de Tratamiento Pregerminativo de Hidratación- Deshidratación (Priming) para estas dos variedades.

## MANUAL TRATAMIENTO DE PRIMING VARIEDAD MAÍZ MORADO

Variedad	TRATAMIENTO DE PRIMING			
	Paso 1			
	Hidratación	Oxigenación del agua	Tiempo de Hidratación (horas)	Temperatura ambiente recinto durante la hidratación (°C)
Maíz Morado	Introducir las semillas en un recipiente lleno de agua corriente de tal manera que queden completamente sumergidas y con libertad de movimiento	Movimiento suave del agua mediante algún sistema de bombeo durante toda la hidratación para mantenerla oxigenada	35	23 - 27
	Paso 2			
	Deshidratación (secado)		Tiempo de deshidratación (horas)	Temperatura ambiente durante la deshidratación (°C)
	Retirar las semillas del remojo y depositar sobre alguna superficie lisa protegida del sol		60	23 - 27
	Paso 3			
	Sembrar inmediatamente después del tratamiento o guardar en condiciones adecuadas durante un período no superior a 1 mes			
	Mejora esperada			
	Incremento de la velocidad de germinación			
	Mejoramiento de la uniformidad de germinación en el lote de semillas			
	Aumento del número de germinaciones			

## MANUAL TRATAMIENTO DE PRIMING VARIEDAD MAÍZ ALPUJARREÑO

Variedad	TRATAMIENTO DE PRIMING			
	Paso 1			
	Hidratación	Oxigenación del agua	Tiempo de Hidratación (horas)	Temperatura ambiente recinto durante la hidratación (°C)
Maíz Alpujarreño	Introducir las semillas en un recipiente lleno de agua corriente de tal manera que queden completamente sumergidas y con libertad de movimiento	Movimiento suave del agua mediante algún sistema de bombeo durante toda la hidratación para mantenerla oxigenada	30	23 - 27
	Paso 2			
	Deshidratación (secado)		Tiempo de deshidratación (horas)	Temperatura ambiente durante la deshidratación (°C)
	Retirar las semillas del remojo y depositar sobre alguna superficie lisa protegida del sol		56	23 - 27
	Paso 3			
	Sembrar inmediatamente después del tratamiento o guardar en condiciones adecuadas durante un período no superior a 1 mes			
	Mejora esperada			
	Incremento de la velocidad de germinación			
	Mejoramiento de la uniformidad de germinación en el lote de semillas			
	Aumento del número de germinaciones			

## VIII. CONCLUSIONES

- El objetivo principal de la presente investigación ha sido Elaborar un Manual de Tratamientos Caseros de Hidropriming de semillas de 4 variedades de maíz mediante métodos caseros, que pueda ser utilizado por pequeñas y pequeños agricultores del mundo agroecológico. Esto se ha logrado parcialmente ya que para dos de las variedades con las que se experimentó, no se pudo establecer un óptimo de tratamiento que pueda ser presentado como manual para el mejoramiento del comportamiento germinativo de esas semillas.
- Se logró elaborar un pequeño manual de hidropriming para semillas de maíz de una variedad local andaluza cuyo origen es la Alpujarra Granadina, identificado como maíz Alpujarreño y para semillas ecológicas de una variedad de maíz de origen mexicano identificado como maíz Morado, comercializado en la ciudad de Granada por una tienda local de productos ecológicos.
- En condiciones de ensayo domésticas, se estudió y logró determinar la velocidad y uniformidad de germinación de semillas de 4 variedades de maíz, dos de ellas variedades tradicionales andaluzas (Rosetero de Córdoba y Alpujarreño) y otras dos, semillas ecológicas de variedades mexicanas (Morado y Tricolor) comercializadas por la tienda de productos ecológicos de la ciudad de Granada.
- Para las 4 variedades estudiadas, se realizó una comparación de las velocidades y uniformidades de germinación entre semillas de una misma variedad, poniendo a germinar un grupo de ellas, desde su estado seco, sin ningún tipo de tratamiento pregerminativo, y otro grupo desde su estado seco posterior a la realización de un tratamiento pregerminativo de hidropriming.
- En algunos resultados particulares se tiene que, para la variedad de maíz Morado, las 3 variables consideradas: Velocidad de germinación, uniformidad de germinación y germinación acumulada, fueron notablemente mejores en las semillas con hidropriming.
- Para la variedad Alpujarreña, al comparar el mejor resultado de germinación acumulada al día 1, para cualquiera de las pruebas de germinación sin hidropriming, que fue de 13%, y el mismo dato para cualquiera de las pruebas con hidropriming, que fue de 67%, se puede ver que la mejora en la velocidad de germinación fue de más de 400%.

- En el caso de las variedades Rosetero y Tricolor, la única mejora observada fue en la velocidad de germinación, pero al mismo tiempo que esto ocurrió, hubo un retroceso en la variable germinación acumulada, de las semillas con hidropriming.
- A partir de los experimentos realizados, se llegó a establecer 3 variantes de tratamiento de hidropriming para cada variedad, obteniendo un tratamiento óptimo para las variedades de maíz Morado y otro para la variedad Alpujarreño, que incluye el tratamiento específico, su duración, el rango de condiciones de temperatura ambiental en el cual se debe efectuar, la recomendación posterior y las mejoras esperadas.
- En el caso de las variedades Morado y Alpujarreño, el tratamiento mejoró principalmente la velocidad de germinación, con relación a las de esas variedades a las que no se le realizó tratamiento
- Las características de estos dos óptimos, fueron plasmadas en un pequeño manual de fácil utilización por parte de las personas del mundo de la agroecología o de cualquier persona que desee utilizarlo.
- Finalmente, se ha dejado también como aporte para cualquiera que desee estudiar la velocidad y uniformidad de germinación de sus semillas, un detallado método de uso doméstico, que permite desarrollar los experimentos necesarios para llegar a establecer estas variables.

Con respecto a los objetivos no logrados en la investigación, se ha llegado a las siguientes conclusiones que pueden servir para quienes deseen aplicar esta metodología para estudiar sus semillas.

- Si los experimentos se realizan en Andalucía, las semillas deben estar disponibles fuera de los meses de más calor (mayo a agosto) ya que se trata de realizarlos en condiciones domésticas, sin control ambiental por medios artificiales como es el caso de los laboratorios.
- Se debe asegurar de contar con una gran cantidad de semillas, para poder hacer varias repeticiones de los mismos experimentos en la misma condición, y obtener resultados estadísticamente representativos.
- Si se trabaja con semillas muy pequeñas como el caso de la zanahoria, se debe contar con una balanza de muy alta resolución que sea capaz de pesar semillas tan livianas y además contar con una gran cantidad de estas para trabajar con números de altos en cada placa Petri.
- Asegurar estos aspectos permitirá evitar pérdidas de tiempo y energía.

## **IX. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

Existe mucho por avanzar en esta área del conocimiento y se pueden dar grandes pasos para sacarlo de los laboratorios de biotecnología y llevarlos al ámbito público.

Como futuras líneas de investigación se propone:

- Continuar el trabajo de investigación con semillas hortícolas de variedades locales de manera de encontrar tratamientos óptimos para cada una de ellas y obtener mejoras en la germinación para incentivar su uso en lugar de las variedades comerciales.
- En este sentido se pueden repetir los experimentos en las mismas condiciones para aumentar la muestra y obtener información con representatividad estadística.
- De igual manera se pueden repetir variando condiciones para obtener resultados comparativos.
- Adicionalmente se pueden introducir otras variables en los experimentos como por ejemplo:
  - Remojo sin aireación.
  - Introducción en las pruebas de hidratación de sales como cloruro de sodio (sal común), o alguna sal potásica de fácil acceso, de tal manera de evaluar el comportamiento de las semillas frente al estrés salino.
  - Después de obtener resultados en el laboratorio casero, se pueden sembrar las semillas directamente en la tierra, para evaluar variables como velocidad de emergencia de las plántulas, cantidad de semillas que alcanzan esa etapa, velocidad de crecimiento de la planta y vigor.

## **X. ANEXOs**

### **TABLAS DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS**

Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	09-sept	10-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	16-sept	17-sept	18-sept	19-sept	
					T °C (24 hrs.)	23 - 27	24 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 26	
					H% (24 hrs.)	39 - 67	31 - 46	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	26 - 38	28 - 52	36 - 37	36 - 38	
					Día en Petri	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
					Hora conteo	5:00	1:30	15:00	3:30	0:05	2:15	1:05	1:05	0:00	0:40	19:20	0:00	
Maíz Rosetero (Córdoba)	MR	15	Por abajo	08/09/2023 01:30 Hrs.	G	Prueba 1	0	0	2	1	1	1	2	0	0	1	0	0
						Prueba 2	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
8	7	53	47	15
4	11	27	73	

Tabla 25. Resultados Prueba de Germinación (PG2) semillas de MAÍZ ROSETERO sin Priming

Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	10-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	16-sept	17-sept	17-sept	
					T °C (24 hrs.)	24 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 27	25 - 27	
					H% (24 hrs.)	31 - 46	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	26 - 38	28 - 52	28 - 52	
					Día en Petri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
					Hora conteo	2:00	16:30	4:15	1:00	2:30	1:10	1:15	0:00	0:45	19:20	
Maíz Rosetero (Córdoba)	MR	15	Por abajo	09/09/2023 04:40 Hrs.	G	Prueba 1	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0
						Prueba 2	0	0	0	3	3	0	0	0	1	0

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
7	8	47	53	15
7	8	47	53	

Tabla 26. Resultados Prueba de Germinación (PG3) semillas de MAÍZ ROSETERO sin Priming

Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	09-sept	10-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	16-sept	17-sept	18-sept	19-sept	20-sept				
					T °C (24 hrs.)	23 - 27	24 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 26	25 - 26	25 - 26	25 - 26	25 - 26	
					H% (24 hrs.)	39 - 67	31 - 46	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	26 - 38	28 - 52	36 - 37	36 - 38	34 - 37				
					Día en Petri	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
					Hora conteo	5:00	1:30	15:00	3:30	0:05	2:15	1:05	1:05	0:00	0:40	19:20	0:00	0:25				
Maiz Morado (México)	MM	15	Por abajo	08/09/2023 01:30 Hrs.	G	Prueba 1	0	8	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
						Prueba 2	0	4	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
13	2	87	13	15
11	4	73	27	

Tabla 27. Resultados Prueba de Germinación (PG2) semillas de MAÍZ MORADO sin Priming

Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	10-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	16-sept	17-sept	17-sept	
					T °C (24 hrs.)	24 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 27	25 - 27	
					H% (24 hrs.)	31 - 46	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	26 - 38	28 - 52	28 - 52	
					Día en Petri	1	1	2	3	4	5	6	7	8	8	
					Hora conteo	2:00	16:30	4:15	1:00	2:30	1:10	1:15	0:00	0:45	19:20	
Maiz Morado (México)	MM	15	Por abajo	09/09/2023 04:40 Hrs.	G	Prueba 1	0	0	3	1	3	0	0	0	0	0
						Prueba 2	0	0	3	5	3	0	0	0	0	0

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
7	8	47	53	15
11	4	73	27	

Tabla 28. Resultados Prueba de Germinación (PG3) semillas de MAÍZ MORADO sin Priming

Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	09-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	16-sept	17-sept	18-sept	19-sept	20-sept	21-sept	
					T °C (24 hrs.)	23 - 27	24 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 26	25 - 26	25 - 25
					H% (24 hrs.)	39 - 67	31 - 46	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	26 - 38	28 - 52	36 - 37	36 - 38	34 - 37	
					Día en Petri	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					Hora conteo	5:00	1:30	15:00	3:30	0:05	2:15	1:05	1:05	0:00	0:40	19:20	0:00	0:25	
Maiz Tricolor (México)	MT	15	Por abajo	08/09/2023 01:30 Hrs.	G	Prueba 1	0	0	5	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0
						Prueba 2	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
10	5	67	33	15
9	6	60	40	

Tabla 29. Resultados Prueba de Germinación (PG2) semillas de MAÍZ TRICOLOR sin Priming

Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha		10-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	16-sept	17-sept	17-sept
					T °C (24 hrs.)	24 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	25 - 26	25 - 27	25 - 27	
					H% (24 hrs.)	31 - 46	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	26 - 38	28 - 52	28 - 52	
					Día en Petri	1	1	2	3	4	5	6	7	8	8	
					Hora conteo	2:00	16:30	4:15	1:00	2:30	1:10	1:15	0:00	0:45	19:20	
Maiz Tricolor (México)	MT	15	Por abajo	09/09/2023 04:40 Hrs.	G	Prueba 1	0	0	2	5	4	0	0	0	0	0
						Prueba 2	0	0	2	7	2	0	0	0	0	0

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
11	4	73	27	15
11	4	73	27	

Tabla 30. Resultados Prueba de Germinación (PG3) semillas de MAÍZ TRICOLOR sin Priming

Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	09-sept	10-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	16-sept	
					T °C (24 hrs.)	23 - 27	24 - 27	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	25 - 26	
					H% (24 hrs.)	39 - 67	31 - 46	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	26 - 38	
					Día en Petri	1	2	2	3	4	5	6	7	8	
					Hora conteo	5:00	1:30	15:00	3:30	0:05	2:15	1:05	1:05	0:00	
Maíz Alpujareño (Alpujarra, Granada)	MA	15	Por abajo	08/09/2023 01:30 Hrs.	G	Prueba 1	1	12	1	0	0	0	0	0	0
						Prueba 2	2	10	3	-	-	-	-	-	-

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
14	1	93	7	15
15	0	100	0	

Tabla 31. Resultados Prueba de Germinación (PG2) semillas de MAÍZ ALPUJARREÑO sin Priming

Especie y origen	Siglas	Nº semillas por placa	Ubicación del papel filtro	Día Inicio	Fecha	10-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14-sept	15-sept	
					T °C (24 hrs.)	24 - 27	23 - 26	25 - 26	23 - 26	22 - 26	25 - 27	25 - 27	
					H% (24 hrs.)	31 - 46	30 - 56	29 - 58	27 - 50	26 - 48	23 - 49	23 - 49	
					Día en Petri	1	1	2	3	4	5	6	
					Hora conteo	2:00	16:30	4:15	1:00	2:30	1:10	1:15	
Maíz Alpujareño (Alpujarra, Granada)	MA	15	Por abajo	09/09/2023 04:40 Hrs.	G	Prueba 1	0	6	4	4	0	0	0
						Prueba 2	0	8	5	2	-	-	-

Germinadas (G)	Sin Germinar (SG)	Germinaciones Acumuladas (%)	SG (%)	TOTAL SEMILLAS
14	1	93	7	15
15	0	100	0	

Tabla 32 Resultados Prueba de Germinación (PG3) semillas de MAÍZ ALPUJARREÑO sin Priming

## XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Altieri, M. (2012) Riesgos Ambientales de los Cultivos Transgénicos. Una evaluación agroecológica.
2. Angosto, T. (1990) Estudio sobre germinación y cubierta seminal de semillas silvestres de diferentes hábitats. Niveles de ABA, Poliaminas y Proteínas [Tesis de Doctorado, Universidad de Granada].
3. Benech-Arnold, R., Sánchez, R. Editors (2004) A Handbook of seed physiology. Applications to agriculture. Food Products Press and The Haworth Reference Press.
4. Calle, A., Soler, M., Rivera, M. (2011) Soberanía alimentaria y agroecología emergente: La democracia alimentaria. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos. Universidad de Córdoba.
5. Casquier, J., Ortiz, R. (2012) Las semillas transgénicas: ¿Un debate bioético? Derecho PUCP, núm. 69, julio-noviembre, 2012, pp. 281-300. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
6. Curry, H., (2022) Hybrid Seeds in History and Historiography. Isis, volume 113, number 3, September 2022 History of Science Society. The University of Chicago Press for the History of Science Society.
7. Dasgupta, J., Derek, J. and Yeung, E. (1982) Desiccation-Tolerant and Desiccation-Intolerant Stages during the Development and Germination of Phaseolus vulgaris Seeds Journal of Experimental Botany, Vol. 33, No. 136. pp. 1045-1057, October.
8. De la Cuadra, C. (1992) Germinación, Latencia y Dormición de las Semillas Dormición en las Avenas Locas. Hojas Divulgadoras Num. 3/92 HD. Secretaría General de Estructuras Agrarias. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
9. Díaz del Cañizo, M., Guzmán, G., Soriano, J., Álvarez, N. (1998). Recuperación de variedades tradicionales locales de cultivos y del conocimiento a ellas asociado, para su conservación, uso y manejo, en las comarcas de Antequera (Málaga) y Estepa (Sevilla). Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE.
10. Doria, J. (2010) Revisión Bibliográfica. Generalidades Sobre Las Semillas: Su Producción, Conservación y Almacenamiento. Cultivos Tropicales, 2010, vol. 31, no. 1, p. 74-85.

11. ETC Group. Barones de la alimentación 2022: Lucro con las crisis, digitalización y nuevo poder corporativo.
12. Evenari, M. (1984). Seed physiology: its history from antiquity to the beginning of the 20th century. *The Botanical Review*, 50, 119-142.
13. FAO (1997) The State of the Worlds Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome (Italy).
14. FAO (1999) Women: The key to food security. Capítulo: Women-users, preservers and managers of agrao-biodiversity. FAO. 1999. Recuperado en marzo de 2024 de <https://www.fao.org/4/x0171e/x0171e00.htm#TopOfPage>)
15. Ferré, M., Soler, M. (2010) El enfoque de la soberanía alimentaria: más allá de la seguridad alimentaria. En *Sociología y sociedad en España [Recurso electrónico]: hace treinta años, dentro de treinta años: X Congreso Español de Sociología: 1, 2, 3 julio 2010* (p. 108). Universidad Pública de Navarra.
16. González, J. (2007) Capítulo I: ¿Por qué las variedades locales? Manual para la utilización y conservación de variedades locales de cultivo. Ed. Red Andaluza de Semillas “Resembrando e Intercambio”. Sevilla.
17. Halmer P. (2000). Commercial seed treatment technology. En: Black M & JD Bewley, eds. *Seed technology and its biological basis*. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press, 257-259, Recuperado el 04/2024 de: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9\\_xt1GKuKSAC&oi=fnd&pg=PA257&dq=Halmer+P.+2000.+Comercial+seed+treatment+technology.+En:+Black+M+%26+JD+Bewley,+eds.+Seed+technology+and+its+biological+basis.+Sheffield,+UK:+Sheffield+Academic+Press,+257-286&ots=LTNHT2rjJI&sig=p285J9P5SmH6inSh9VOiLQ8AbJM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9_xt1GKuKSAC&oi=fnd&pg=PA257&dq=Halmer+P.+2000.+Comercial+seed+treatment+technology.+En:+Black+M+%26+JD+Bewley,+eds.+Seed+technology+and+its+biological+basis.+Sheffield,+UK:+Sheffield+Academic+Press,+257-286&ots=LTNHT2rjJI&sig=p285J9P5SmH6inSh9VOiLQ8AbJM#v=onepage&q&f=false)).
18. Hancock, J. (2021). Los orígenes de la agricultura en el mundo [Origins of World Agriculture]. (W. R. Arroyo, Traductor). *World History Encyclopedia*. Recuperado de <https://www.worldhistory.org/trans/es/2-1886/los-origenes-de-la-agricultura-en-el-mundo/>).
19. Hegarty, T. (1978) The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and the control of germination: a review. *Plant, Cell and Environment* 1, 101-119.

20. Heydecker, W., Coolbear, P. (1977) Seed treatments for improved performance - survey and attempted prognosis *Seed Sei. and Technol.* 5, 353 -425.
21. Kessler, R., Stuppy, W. (2012) *Semillas. La vida en cápsulas de tiempo.* CLH / Turner.
22. Kloppenburg, J. (2005). *First the seed: The political economy of plant biotechnology.* University of Wisconsin Press. Recuperado de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QGx9Ao2dzckC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Kloppenburg,+J.+R.+\(2005\).+First+the+seed:+The+political+economy+of+plant+biotechnology.+University+of+Wisconsin+Press.&ots=-Mzuvdpqy\\_&sig=ANbil37AqZ1sws\\_B6-iE-sRcZ\\_g#v=onepage&q=Kloppenburg%2C%20J.%20R.%20\(2005\).%20First%20the%20seed%3A%20The%20political%20economy%20of%20plant%20biotechnology.%20University%20of%20Wisconsin%20Press.&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QGx9Ao2dzckC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Kloppenburg,+J.+R.+(2005).+First+the+seed:+The+political+economy+of+plant+biotechnology.+University+of+Wisconsin+Press.&ots=-Mzuvdpqy_&sig=ANbil37AqZ1sws_B6-iE-sRcZ_g#v=onepage&q=Kloppenburg%2C%20J.%20R.%20(2005).%20First%20the%20seed%3A%20The%20political%20economy%20of%20plant%20biotechnology.%20University%20of%20Wisconsin%20Press.&f=false)
23. La Vía Campesina (2021). *Soberanía Alimentaria desde las Semillas Campesinas. La Vía Campesina: Construcción de contenidos comunes sobre Semillas Campesinas.* Bagnolet (Francia).
24. La Vía Campesina (2024) <https://viacampesina.org/en/what-is-food-sovereignty/>
25. Lizarraga, P., (2021) *La revolución de una semilla.* Ciudad Autónoma de 1 Ed. Buenos Aires: El Colectivo y Fundación Rosa Luxemburgo Cono Sur.
26. Maiti., R. (2011) *Seed Priming: an Efficient Farmers' Technology to Improve Seedling Vigour, Seedling Establishment and Crop Productivity.* Editorial Column.
27. Mantilla, A., (2008) *Desarrollo y germinación de las semillas.* En *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (pp.537-558) Edition: 2nd Chapter: *Desarrollo y germinación de las semillas* Publisher: McGraw Hill Editors: J. Azcón-Bieto, M. Talón
28. Mckersie B., Tomes, D. (1980) *Effects of dehydration treatments on germination, seedling vigour, and cytoplasmic leakage in wild oats and birdsfoot trefoil.* *Canadian Journal of Botany* February. *Can. J. Bot.* 58:471-476.
29. McMichael, Ph. (2005) *Global development and the corporate food régime.* *New Directions in the Sociology of Global Development Research in Rural Sociology and Development*, Volume 11, 269–303.
30. Nicholls, C., Altieri, M. (2019) *Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático.* *Cuadernos de Investigación UNED*, 11(1), 55.

31. Paparella, S., Araújo, S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant cell reports*, 34(8), 1281–1293.
32. Peña-Sanabria, K., Bracamontes, L., Benítez, M., Cremaschi A., Jönsson, M., Acevedo, F., Tadeo, M., Espinosa, A., Mora, K., Kleinfeld, T., Wegier, A., García, G., Escalona, M., García-Herrera, R., Espinola, C. (2020) Semillas para el bien común. Compendio de experiencias latinoamericanas y herramientas legales para su defensa en México. Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Ecología, UNAM. Ciudad de México, México.
33. Peschard, K., Randeria, S. (2020). ‘Keeping seeds in our hands’: the rise of seed activism. *The Journal of Peasant Studies*, 47(4), 613-647.
34. Pita, J., Pérez, F. Hojas Divulgadoras Num. 2090 HD. Secretaría General de Estructuras Agrarias. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
35. Sánchez, J., Furrázola, E. (2018) Ecotecnologías para la restauración ecológica: los tratamientos de semillas y las micorrizas. Editorial Academia, La Habana, 119 pp.
36. Senaratna, T., Mckersie, B. (1983) Dehydration Injury in Germinating Soybean (*Glycine max* L. Merr.) Seeds. *Plant Physiol.* (1983) 72, 620-624.
37. Taylor, A., Allen, P., Bennett, M., Bradford, K., Burns, J., Misra, M. (1998) Seed enhancements. *Seed Science Resenuh* (1998) 8, 245-256 245.
38. Sánchez, J., Orta, R., Muñoz, B. (2001) Análisis y Comentario. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense* 25(1): 67-92, 2001.