

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS  
DE TUMBO SERRANO (*Passiflora mollissima*)”**

Presentado por:

**JAIME RODOLFO BAUTISTA RUBIO**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Lima – Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS  
DE TUMBO SERRANO (*Passiflora mollissima*)”**

Presentado por:

**JAIME RODOLFO BAUTISTA RUBIO**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO**

**Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:**

-----  
Ing. M.S. Andrés Casas Díaz  
**PRESIDENTE**

-----  
Ing. Mg. Sc. Alejandro Pacheco Avalos  
**ASESOR**

-----  
Ing. Mg. Sc. Cecilia Figueroa Serrudo  
**MIEMBRO**

-----  
Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Jaulis Cancho  
**MIEMBRO**

**Lima - Perú  
2018**

# Dedicatoria

A mis padres, abuelas y hermanos por brindarme a través de su ejemplo aquellos valores y principios que me caracterizan como persona.

A Llarek por su amor incondicional e impulso durante todo este tiempo lleno de contratiempos, angustias y adversidades. *Yuyaymanaykim.*

## **Agradecimiento**

A mi asesor, Ing. Mg. Sc. Alejandro Ari Pacheco Ávalos, por su gran apoyo y motivación para la culminación de esta tesis; por su tiempo compartido y por inspirar el desarrollo de mi formación profesional.

A mis amigos, por brindarme su apoyo en la fase experimental. Gracias Manuel Valverde, Lucero Chingay, Claudia Celina, Héctor Ramos, Maribel Berrocal, Rosmery Reyes, Claudia Berenice, Luz Cerda y Carlos Flores.

Al Laboratorio de Horticultura de la Facultad de Agronomía por facilitarme el espacio, materiales, herramientas y equipos necesarios para la correcta ejecución de esta tesis.

Finalmente, a mis maestros, compañeros y personas que aportaron en las diferentes etapas del presente trabajo al brindarme asesorías para poder resolver las dudas propias de la investigación.

# ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1. GÉNERO PASSIFLORA .....	3
2.1.1. Características morfológicas seminales .....	3
2.1.2. Características fisiológicas seminales .....	4
2.2. EL PROCESO GERMINATIVO .....	5
2.3. LA DORMANCIA .....	6
2.3.1. Dormancia exógena.....	6
2.3.2. Dormancia endógena.....	7
2.4. TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y OSMOACONDICIONATES.....	8
2.4.1. Hidratación parcial .....	8
2.4.2. Aplicación de ácido giberélico .....	11
2.4.3. Escarificación .....	12
2.5. ÍNDICES DE GERMINACIÓN .....	13
2.5.1. Germinabilidad (GRP) .....	13
2.5.2. Tiempo medio de germinación (MGT) .....	14
2.5.3. Velocidad de germinación (GSP).....	14
2.5.4. Índice de incertidumbre (UNC).....	14
2.5.5. Índice de sincronización (SYN) .....	15
2.6. PRUEBA DE VIABILIDAD EN SEMILLAS .....	15
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	17
3.1. EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE SEMILLAS .....	17
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS SEMILLAS .....	18
3.3. PRUEBA DE VIABILIDAD .....	18
3.4. CURVA DE IMBIBICIÓN .....	19
3.5. PRIMERA PARTE: ACONDICIONAMIENTO OSMÓTICO E HÍDRICO .....	19
3.5.1. Fase I: Selección de acondicionantes osmóticos.....	19
3.5.2. Fase II: Tiempos de acondicionamiento.....	20
3.6. SEGUNDA PARTE: OTROS TRATAMIENTOS .....	23
3.7. ANÁLISIS DE DATOS.....	24

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	25
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS FRUTOS.....	25
4.2. CARACTERÍSTICAS SEMINALES.....	26
4.3. PRUEBA DE VIABILIDAD.....	27
4.4. CURVA DE IMBIBICIÓN.....	27
4.5. ACONDICIONAMIENTO OSMÓTICO.....	29
4.5.1. Etapa de preselección de tratamientos.....	29
4.5.2. Etapa de selección de tratamientos.....	31
4.5.3. Tiempos de acondicionamiento.....	34
4.6. APLICACIÓN DE OTROS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS.....	41
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	47
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	48
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	49
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Descripción de los tratamientos y unidades experimentales evaluados en la fase de selección de acondicionadores osmóticos.....	21
<b>Cuadro 2.</b> Descripción de los tratamientos y unidades experimentales evaluados en la fase de tiempos de acondicionamiento.....	22
<b>Cuadro 3.</b> Descripción de los tratamientos y unidades experimentales evaluados en la segunda parte de la investigación .....	23
<b>Cuadro 4.</b> Índices de germinación y límites.....	24
<b>Cuadro 5.</b> Valores promedio de los indicadores morfométricos e internos de los frutos de tumbo serrano.....	25
<b>Cuadro 6.</b> Valores promedio de los índices de germinación en los tratamientos evaluados en la etapa de preselección de la fase I.....	29
<b>Cuadro 7.</b> Valores promedio de los índices de germinación en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I .....	31
<b>Cuadro 8.</b> Valores promedio de los índices de germinación en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento.....	34
<b>Cuadro 9.</b> Potencial osmótico (MPa) a diferentes temperaturas.....	40
<b>Cuadro 10.</b> Valores promedio de los índices de germinación en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte.....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fases del proceso de germinación en <i>Phaseolus vulgaris</i> .....	5
<b>Figura 2.</b> Reducción del 2, 3,5-trifenil cloruro de tetrazolio .....	15
<b>Figura 3.</b> Frutos seleccionados para la extracción de semillas.....	17
<b>Figura 4.</b> Sistema de aireación acoplado a los recipientes de plástico.....	20
<b>Figura 5.</b> Partes y estructuras seminales del tumbo serrano .....	26
<b>Figura 6.</b> Semillas de tumbo serrano con presencia de arilo completo .....	26
<b>Figura 7.</b> Semillas teñidas con tetrazolio en la primera extracción .....	27
<b>Figura 8.</b> Semillas teñidas con tetrazolio en la segunda extracción .....	27
<b>Figura 9.</b> Curva de imbibición en semillas de tumbo serrano.....	27
<b>Figura 10.</b> Temperaturas (°C) promedio durante el proceso de imbibición.....	28
<b>Figura 11.</b> Germinación (%) de los tratamientos en la etapa de preselección .....	30
<b>Figura 12.</b> Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos en la etapa de preselección.....	30
<b>Figura 13.</b> Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos en la etapa de selección .....	31
<b>Figura 14.</b> Diagrama de cajas de la germinabilidad (%) en la etapa de selección.....	32
<b>Figura 15.</b> Diagrama de cajas del tiempo medio de germinación (días) en la etapa de selección.....	33
<b>Figura 16.</b> Comportamiento germinativo con base a las tres concentraciones evaluadas durante ocho días.....	33
<b>Figura 17.</b> Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos sometidos a tiempos de acondicionamiento.....	35
<b>Figura 18.</b> Diagrama de cajas de la germinabilidad (%) en la fase II .....	36
<b>Figura 19.</b> Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los otros tratamientos pregerminativos.....	41
<b>Figura 20.</b> Diagrama de cajas de la germinabilidad (%) en la segunda parte.....	42
<b>Figura 21.</b> Diagrama de cajas del tiempo medio de germinación (días) en la segunda parte.....	43
<b>Figura 22.</b> Diagrama de cajas del índice de sincronización en la segunda parte.....	45
<b>Figura 23.</b> Diagrama de cajas del índice de incertidumbre en la segunda parte .....	46



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Dimensiones seminales (mm) de tumbo serrano.....	57
<b>Anexo 2.</b> Características de los productos empleados en el experimento.....	58
<b>Anexo 3.</b> Características internas y externas de frutos de tumbo serrano al momento de la primera extracción de semillas.....	59
<b>Anexo 4.</b> Características internas y externas de frutos de tumbo serrano al momento de la segunda extracción.....	60
<b>Anexo 5.</b> Humedad inicial (%) por el método de materia seca para la elaboración de la curva de imbibición de las semillas.....	61
<b>Anexo 6.</b> Evolución del contenido de humedad en el proceso de imbibición en semillas de tumbo serrano.....	61
<b>Anexo 7.</b> Registro diario de semillas germinadas en la etapa de preselección de la fase I...62	
<b>Anexo 8.</b> Índices de germinación presentados en los tratamientos evaluados en la etapa de preselección de la fase I.....	66
<b>Anexo 9.</b> Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos en la etapa de preselección.....	68
<b>Anexo 10.</b> Registro diario de semillas germinadas en la etapa de selección de la fase I...69	
<b>Anexo 11.</b> Índices de germinación presentados en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I.....	71
<b>Anexo 12.</b> Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos en la etapa de selección.....	72
<b>Anexo 13.</b> Germinabilidad (%) en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I.....	73
<b>Anexo 14.</b> Tiempo medio de germinación (días) en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I.....	73
<b>Anexo 15.</b> Velocidad de germinación (%) en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I.....	74
<b>Anexo 16.</b> Índice de sincronización en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I.....	74
<b>Anexo 17.</b> Índice de incertidumbre en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I.....	75

<b>Anexo 18.</b> Registro diario de semillas germinadas en la fase II (tiempos de acondicionamiento).....	76
<b>Anexo 19.</b> Temperaturas (°C) registradas durante la inmersión en las soluciones salinas durante los 14 días.....	80
<b>Anexo 20.</b> Temperaturas (°C) ambiente registradas durante el secado de las semillas de la primera extracción.....	81
<b>Anexo 21.</b> Temperaturas (°C) ambiente registradas durante el secado de las semillas de la segunda extracción.....	81
<b>Anexo 22.</b> Contenido de materia seca (%) de las semillas en tres fechas.....	82
<b>Anexo 23.</b> Índices de germinación presentados en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento.....	83
<b>Anexo 24.</b> Germinabilidad (%) de los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento.....	85
<b>Anexo 25.</b> Tiempo medio de germinación (días) en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento.....	86
<b>Anexo 26.</b> Velocidad de germinación (%) en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento.....	87
<b>Anexo 27.</b> Índice de sincronización en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento.....	88
<b>Anexo 28.</b> Índice de incertidumbre en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento.....	89
<b>Anexo 29.</b> Temperaturas (°C) registradas durante la inmersión en las soluciones salinas durante los 14 días.....	90
<b>Anexo 30.</b> Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos sometidos a tiempos de acondicionamiento.....	91
<b>Anexo 31.</b> Registro diario de semillas germinadas en la segunda parte (otros tratamientos pregerminativos).....	92
<b>Anexo 32.</b> Índices de germinación presentados en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte.....	95
<b>Anexo 33.</b> Germinabilidad (%) en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte.....	96
<b>Anexo 34.</b> Tiempo medio de germinación (días) en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte.....	96

<b>Anexo 35.</b> Velocidad de germinación (%) en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte.....	97
<b>Anexo 36.</b> Índice de sincronización en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte.....	97
<b>Anexo 37.</b> Índice de incertidumbre en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte.....	98
<b>Anexo 38.</b> Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los otros tratamientos pregerminativos.....	99

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad Nacional Agraria La Molina, con la finalidad de evaluar diferentes tratamientos pregerminativos en semillas de tumbo serrano. En la primera parte se evaluó el efecto osmoacondicionante del NaCl, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en tres concentraciones (100, 200 y 300 mM) para posteriormente seleccionar los mejores agentes osmoacondicionantes y junto al agua destilada evaluarlos a diferentes tiempos de inmersión (3.5, 7, 10.5 y 14 días). En la segunda parte se evaluó el efecto del ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en dos concentraciones (50 y 100 ppm), del nitrato de potasio en tres concentraciones (0.05, 0.1 y 0.2 %P/v), de la escarificación mecánica basal, del acondicionamiento hídrico y de la combinación de la escarificación mecánica basal con las dos concentraciones de AG<sub>3</sub>. Se encontró que los tratamientos K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-100mM, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-200mM, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-100mM y NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-100mM expresaron los mejores índices de germinación para evaluarlos posteriormente. En la evaluación de tiempos de acondicionamiento, ningún tratamiento superó de manera significativa al tratamiento sometido a siete días de acondicionamiento hídrico en la germinabilidad (GRP de 70.00%), el tiempo medio de germinación (MGT de 19.64 días), la velocidad de germinación (GSP de 5.11%) y la sincronización de la germinación (SYN de 0.10), no obstante, sólo algunos tratamientos que incluían a agentes osmóticos superaron su incertidumbre de germinación (UNC de 3.27). En la evaluación de otros tratamientos pregerminativos, la escarificación mecánica basal superó significativamente al resto de tratamientos en la GRP (88.00%), el MGT (21.18 días) y el GSP (4.75%) pero presentó el mayor UNC (4.15) y no se logró diferenciar significativamente en su SYN (0.04). No hubo mejoras en los índices de germinación ajenos al GRP de los tratamientos evaluados en ambas partes al compararlos con el mejor tratamiento de la etapa de selección (4.93 días de MGT, 20.47% de GSP, 0.45 de SYN y 1.57 de UNC).

**Palabras clave:** osmoacondicionamiento, acondicionamiento hídrico, ácido giberélico, escarificación, tumbo serrano, *Passiflora mollissima*

## I. INTRODUCCIÓN

Entre las especies del género *Passiflora* con mayor importancia agronómica en nuestro país se encuentran la granadilla (*Passiflora ligularis*) y el maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* fo. *flavicarpa* O. Deg.); no obstante, gradualmente viene tomando mayor protagonismo en el mercado el tumbo serrano (*Passiflora mollisima*) debido a sus características organolépticas propicias para el consumo en fresco y su empleo en la agroindustria.

El tumbo serrano viene expandiendo su área de producción, así, desde el 2011 ha duplicado su superficie cosechada registrando un área de 157 ha hasta el 2015. Con un rendimiento nacional promedio de 7.3 t/ha y un precio que oscila entre 0.49 y 3.15 soles, dependiendo de las regiones donde se produzca, viene presentando un potencial productivo y económico que necesita impulsarse (MINAGRI, 2015a). Su comercialización no sólo abarcaría el mercado nacional como fruta fresca, sino también el mercado internacional al exportarlo en forma de jugo concentrado, tal y como se hace con el maracuyá a volúmenes de 11.6 t que aún resultan poco significativos para el mercado europeo (MINAGRI, 2015b).

Las pasifloras se propagan principalmente por semillas debido a la facilidad técnica de su ejecución y la obtención de plantas más vigorosas. Sin embargo, esta vía de propagación presenta ciertas limitaciones, al respecto, Kuhne (1968) señala que el inicio y el término de la germinación de semillas de las pasifloras ocurren de forma irregular, en un periodo que puede variar de diez días hasta tres meses. Concordante a ello, Delanoy *et al.* (2006) mostraron que las semillas de curuba (*Passiflora mollisima*) empezaron a germinar nueve días después del inicio de la prueba y transcurrido un mes alcanzaron un 50 por ciento de la germinación. De igual manera, Santos *et al.* (1994) afirmaron que el inicio de emergencia en semillas de granadilla ocurre entre 19 y 25 días después de la siembra, registrándose un aumento máximo entre los 30 y 60 días. Esta tendencia se puede llegar a expresar en otras especies del género. En todo caso, el largo tiempo de germinación y la heterogeneidad en la

emergencia de sus semillas se traducen directamente en pérdidas económicas para el viverista.

Dicha particularidad puede estar relacionada con un estado fisiológico de la semilla denominada dormancia, la cual evita que la semilla germine a pesar de tener las condiciones adecuadas (Carvalho y Nakagawa, 2000). Esta puede deberse al grosor y estructura de la cubierta, lo cual genera impermeabilidad al paso del agua u oxígeno, o a la presencia de algún compuesto químico que inhiba el crecimiento y desarrollo del embrión (Cárdenas, 2011). De la misma manera, esta condición puede llegar a ser el resultado de una inmadurez morfológica o fisiológica del embrión (Velásquez *et al.*, s.f). Para Morley-Bunker (1980) el mecanismo de dormancia existente en las Passifloráceas radica en el control a la entrada de agua causada por la dureza del tegumento en sus semillas. Asimismo, Rego *et al.* (2014) plantean una posible combinación de dos tipos de dormancia, la mecánica y la química. Todo ello se apoya en trabajos realizados por Ellis *et al.* (1985), quienes obtuvieron una fácil germinación a partir de embriones extraídos de la semilla.

Si bien muchas especies expresan un amplio tiempo de germinación, se ha demostrado que este puede reducirse aplicando ciertos tratamientos pregerminativos. De este modo, Delanoy *et al.*, (2006) recomiendan remover el punto basal de las semillas de curuba (*Passiflora mollissima*) para aumentar su porcentaje de germinación, obteniendo también buenos resultados al embeberlas en soluciones de 50 ppm de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>). Por su lado, Wagner *et al.* (2005) registraron un aumento de la germinación y del vigor en semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* fo. *flavicarpa* O. Deg.) cuando se utiliza escarificación mecánica en la extremidad funicular empleando una lija de agua N° 12. También se registran casos positivos al acondicionar osmóticamente las semillas de granadilla (*Passiflora ligularis*) con nitrato de potasio (-0.5 y -1.0 MPa) y polietilenglicol 8000 (-0.8 MPa) (Escobar, 2011), así como al efectuar una fermentación previa en semillas de maracuyá (Echeverría, 1997).

Trabajos de investigación enfocados en superar esta problemática no se han reportado en nuestro país. Es por ello que el presente trabajo busca proponer el método pregerminativo más adecuado para lograr una alta germinación homogénea de las semillas de tumbo serrano en menos tiempo, aportando así, a la implementación de mejores herramientas para su propagación permitiendo el desarrollo de este cultivo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. GÉNERO PASSIFLORA

La familia Passifloraceae está constituida por 630 especies agrupadas en 18 géneros que se distribuyen en la zona tropical, desde las zonas costeras a los páramos andinos. La especie en estudio se ubica dentro del género más importante, Passiflora, el cual cuenta con cerca de 530 especies distribuidas en el continente americano y en menor medida en las regiones tropicales y subtropicales del sureste de Asia, Australia y Nueva Zelanda (Ocampo *et al.*, 2007; Deginani, 2001). Dentro de esas especies, 80 son las que producen frutos comestibles con características organolépticas deseables, convirtiéndolo en el segundo género con la mayor cantidad de especies de frutos comestibles (Coppens, 2003; Coppens y Libreros, 2000).

#### 2.1.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS SEMINALES

Respecto a la morfología seminal, las semillas presentan una cubierta dura con una superficie ornamentada en la zona central, son de tamaño variable y pueden ser dorsiventral a lateralmente comprimidas, oblongas, elipsoides, ovals a obovoideas, glabras. Poseen una testa membranácea, delgada, que en muchas ocasiones presenta el mismo aspecto del tegmen, este se caracteriza por tener retículos, crestas, foveas o retículo-foveados, que llegan a presionar el endospermo, formando en él una superficie levemente ruminada (Deginani, 2001).

Pérez *et al.* (2005) describieron para *P. mollisima* un margen entero, un ápice en forma de cuerno único, una base aguda y una ornamentación retículo-alveolada; y para *P. quadrangularis*, una forma elíptica, un margen estriado un ápice con forma de cuerno central hundido entre dos cuernos laterales, una base cordulada y una ornamentación retículo-alveolada.

Especies de este género poseen semillas de testa dura con una capa interna semipermeable. Dentro de éstos, el endospermo puede estar ausente o se puede presentar de manera residual, pero con embriones maduros, por lo que se tipifican como semillas no endospérmicas. Aquel endospermo residual llega a contener compuestos inhibidores del crecimiento, aunque este también puede estar dentro de los cotiledones. (Rego *et al.*, 2014; Ellis *et al.*, 1985). A pesar de la testa tan gruesa, la viabilidad de las semillas es bastante corta, lo que hace suponer que la testa sería una adaptación a la diseminación por la vía digestiva de los animales que se alimentan de estos frutos o de sus arilos (Tillet, 1988).

Por otro lado, Kloss y Bouman (1980) indican que las semillas de especies en este género llegan a ser numerosas en los frutos y que al madurar frecuentemente toman una coloración oscura, negruzca o marrón. El arilo, de origen funicular, tiende a ser incoloro, translúcido y de sabor dulce a ácido llegando a contener nutrientes y azúcares (Silveira *et al.*, 2016)

### **2.1.2. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS SEMINALES**

En cuanto a su tolerancia a la desecación, Escobar (2011) considera que las semillas del género *Passiflora* son ortodoxas, a pesar de ello, la tolerancia a la deshidratación muestra variaciones entre sus especies. Así, Ospina *et al.* (2000) señalan que las semillas de maracuyá soportan un 11 por ciento de humedad sin que su viabilidad se vea afectada, mientras que las de granadilla soportan hasta un nueve por ciento, expresando un comportamiento más ortodoxo que las de maracuyá. De la misma manera, Posada *et al.* (2014) indican esta cualidad en semillas de gulupa (*Passiflora edulis* fo. *edulis*), que alcanza una germinación de 98.6 por ciento con un contenido de humedad de tan sólo seis por ciento, así como también en granadilla y maracuyá amarillo, donde alcanzan una germinación de 91.4 por ciento y 100 por ciento con contenidos de humedad de seis y doce por ciento, respectivamente.

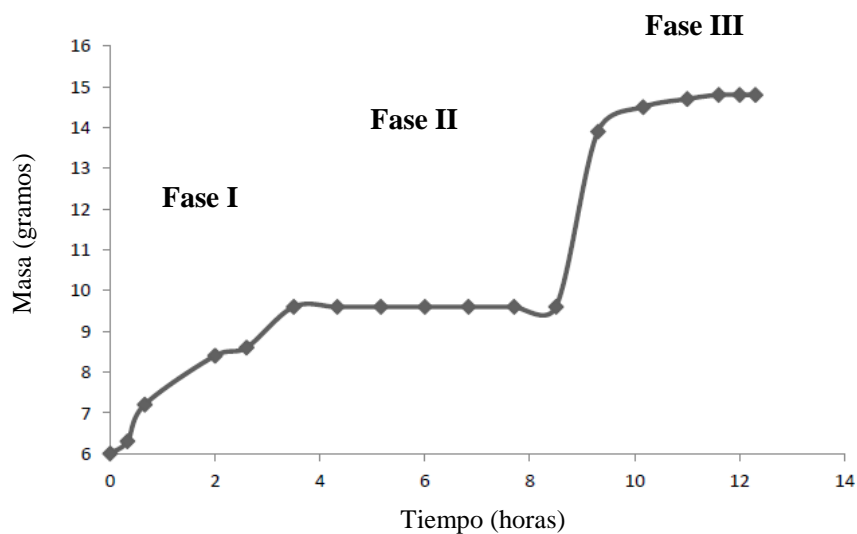
Loewus y Murthy (2000) describen la dinámica de los depósitos minerales dentro de las semillas, los cuales están formados principalmente de fitina, un compuesto órgano fosforado resultante de una sal de ácido fítico (myo-inositol - 1, 2, 3, 4, 5, 6 - hexakisfosfato) y cationes como magnesio, potasio, calcio, entre otros. En las semillas maduras, la fitina forma parte de cuerpos proteicos como inclusiones denominadas globoides localizadas al interior de las vacuolas de almacenamiento de proteínas (Protein storage vacuole - PSV). Durante la



germinación, la fitina trasloca al citoplasma para luego ser hidrolizada secuencialmente por fitasas a fosfato y una serie de ésteres fosfóricos inferiores de myo–inositol y cationes, llegando a liberar hasta el 90 por ciento del fósforo total, que sirven como fuentes nutritivas para el embrión germinante.

## 2.2. EL PROCESO GERMINATIVO

El agua tiene una importancia fundamental en la biología de la semilla, particularmente en los procesos de desarrollo y germinación (Villela, 1998). Las semillas maduras, secas y no dormantes siguen un patrón trifásico de absorción al hidratarse, correlacionado con las variaciones en los componentes del potencial hídrico (Bewley y Black, 1983). Como se logra observar en la Figura 1, la imbibición se inicia con la absorción rápida de agua (Fase I) seguida de una fase de meseta con pocos cambios en el contenido de agua (Fase II) y un posterior aumento en el contenido de agua coincidente con el crecimiento radicular (Fase III) (Bradford, 1990).



**Figura 1.** Fases del proceso de germinación en *Phaseolus vulgaris*

FUENTE: Adaptado de Suárez y Melgarejo (2010)

## **2.3. LA DORMANCIA**

Las semillas de muchas especies no logran germinar de forma inmediata luego de alcanzar su madurez debido, principalmente, a las adaptaciones que realizan las plantas ante las inclemencias climáticas para poder prevalecer como especie. Esta fase se reconoce por fallas temporales en la capacidad germinativa (Copete, 2011). Así, la dormancia se describe como el estado en el que se encuentra una semilla viable sin que germine, aunque disponga de suficiente humedad para embeberse, una aireación similar a la de las primeras capas de un suelo bien ventilado y una temperatura que se encuentre entre 10° y 30°C. (Hartmann *et al.*, 2013; Varela y Arana, 2011; Carvalho y Nakagawa, 2000) Aunque no se ha reportado una variación intraespecífica en la expresión de este estado fisiológico en semillas de pasifloras, Smith *et al.* (1998) indican que el fenómeno del polimorfismo no sólo se puede llegar a expresar en una variación de las frecuencias de tamaño, forma, color y estructuras internas, sino también en cuanto a la intensidad de la dormancia, inclusive hasta en semillas de un mismo fruto. De esta manera, la germinación ocurre a lo largo del tiempo, en intervalos regulares, a medida que la dormancia es superada, aumentando la probabilidad de sobrevivencia de los individuos (Mérola y Díaz, 2012). En especies cultivadas se han descrito diferentes tipos de dormancia causadas por factores exógenos y endógenos.

### **2.3.1. DORMANCIA EXÓGENA**

La dormancia exógena está ligada a los efectos que puede tener la cubierta seminal y los tejidos de reserva sobre el embrión, se reconocen tres tipos: mecánica, física y química.

La dormancia puede ser mecánica cuando se presentan testas o endospermo duros, el aplazamiento de la germinación puede atribuirse a que estos tejidos oponen resistencia mecánica al crecimiento del embrión. Cuando la dormancia se debe a condiciones de la testa, la dormancia termina en el momento en que esta se agrieta o debilita por acciones mecánicas, físicas o químicas o por efecto del ambiente (Solomon *et al.*, 2001).

La dormancia física está presente en un gran número de especies de plantas, en las cuales la cubierta seminal o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables al agua y a los gases. El embrión está encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas. Con este tipo de dormancia las semillas logran (a) obstaculizar la

deshidratación del embrión, mediante la evasión de las altas temperaturas; (b) impedir daños fisiológicos al embrión y a las estructuras que le acompañan, provocados por transgresiones térmicas de los límites permisibles para cada especie, y (c) mitigar los daños mecánicos causados por los animales y demás patógenos (Bewley y Black, 1994). La dormición física se pierde cuando se pierde la impermeabilidad en algún sitio de la testa, permitiendo la absorción del agua por la semilla. En muchos casos, la exposición a altas o bajas temperaturas naturales o artificiales tiene un marcado efecto al incrementar el número de semillas germinadas (Baskín y Baskín, 1998).

La dormancia química corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas. (Cárdenas, 2011). Para que las semillas con dormición química germinen, es necesario que se eliminen o inactiven los inhibidores localizados en cualquiera de estas estructuras. Una forma de eliminación es por la pérdida de las cubiertas que los contiene, aunque también pueden perderse al ser lixiviados por el agua (Mérola y Díaz, 2012). La facilidad con que estas se eliminan depende tanto de factores ambientales como de la propia semilla; el lavado de estas sustancias resulta más eficiente con agua corriente que con agua estancada y además se mejora con la temperatura (Hartmann *et al.*, 2013).

Cabe resaltar, que no existe evidencia contundente que indique que las semillas presenten un sólo tipo de dormición, lo que afecta enormemente la fuerza que puede desarrollar el embrión (Varela y Arana, 2011). Para Morley-Bunker (1980), el mecanismo de dormancia existente en las Pasifloráceas radica en el control a la entrada de agua causada por la dureza del tegumento en sus semillas. Asimismo, Rego *et al.* (2014) plantean una posible combinación de dos tipos de dormancia, la mecánica y la química.

### **2.3.2. DORMANCIA ENDÓGENA**

La dormancia endógena está ligada a los efectos que puede tener la concentración hormonal, de oxígeno o estructura del embrión en su desarrollo, se reconocen dos tipos: morfológica y fisiológica.

La dormancia morfológica se presenta en aquellas especies, cuyos embriones no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Estos son pequeños o poco

desarrollados pero fisiológicamente activos, en ellos, visualmente se pueden diferenciar las estructuras seminales. Las semillas afectadas por este tipo de dormancia no requieren de un tratamiento previo para romper la dormancia y germinar, solo necesitan de tiempo para poder alcanzar el tamaño adecuado e iniciar el proceso germinativo (Guerrero, 2015).

En la dormancia fisiológica se da el control interno de la germinación en donde están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo (Velásquez *et al.*, s.f). Para que las semillas con dormición fisiológica puedan germinar, se requiere de la pérdida de los bloqueos metabólicos para que el embrión sea capaz de vencer la resistencia impuesta por las cubiertas. Esta pérdida puede efectuarse por la influencia de estímulos ambientales, que funcionan como indicadores de las condiciones del medio y son adecuadas para el desarrollo seminal (Figuroa y Jaksic, 2004). Bajo la influencia de estos estímulos, se produce un indicador metabólico necesario para la síntesis de promotores hormonales y que puede ser la concentración de una coenzima, sustrato o intermediario respiratorio. Las exigencias de oxígeno para eliminar tal dormición disminuyen cuando se aplica un determinado tratamiento a las semillas, se les somete a la luz y a ciertas temperaturas, y conforme aumenta el período de almacenamiento en seco. En muchos casos, las semillas presentan dormición fisiológica leve cuando acaba de madurar y la pierde después de haber permanecido secas durante cierto tiempo (Baskín y Baskín, 1998).

La baja germinación heterogénea en las pasifloras no se atribuye a la presencia de dormancia endógena. Esto se demostró en trabajos realizados por Ellis *et al.* (1985), quienes a partir de embriones extraídos de la semilla obtuvieron una fácil germinación.

## **2.4. TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y OSMOACONDICIONANTES**

### **2.4.1. HIDRATACIÓN PARCIAL**

Hegarty (1978) plantea que los efectos de los tratamientos pregerminativos de hidratación parcial de las semillas dependen fundamentalmente de cinco puntos:

- 1) Grado de hidratación que alcancen las semillas
- 2) Temperatura y duración del tratamiento
- 3) Nivel de aireación del medio

- 4) Cantidad de semillas
- 5) Proceso de deshidratación

**a. HIDRATACIÓN PARCIAL NO CONTROLADA**

En esta técnica no se controla el agua que pueden absorber las semillas ya que esta se encuentra disponible y sin limitaciones alrededor de las mismas, por lo que la afinidad que pueda existir por parte de los tejidos hacia el agua determinará la cantidad del agua absorbida (Sánchez *et al.*, 2001).

Orta *et al.* (1993) plantearon un modelo de regulación en función del tiempo que se mantiene en contacto cualquier volumen de semilla con suficiente cantidad de agua, no considerando el equilibrio de los potenciales. Sin embargo, la propuesta encuentra limitaciones al querer lograr que todas las semillas tratadas alcancen el mismo nivel de humedad al no existir una barrera a la absorción de agua, por lo que para superar esa dificultad proponen someter las muestras de semillas a dos o más ciclos de hidratación parcial-desección (Henckel, 1982).

Por su parte, Bradford (2002) describe un modelo denominado Tiempo de Acondicionamiento Hidrotérmico, en el que se integra los efectos de la temperatura y el potencial del agua en la velocidad de germinación a temperaturas subóptimas.

$$\theta_{HT} = (\Psi - \Psi_{b^{(g)}})(T - T_b)t_g$$

*Donde:*

- $\theta_{HT}$  : *Tiempo de acondicionamiento hidrotérmico*
- $\Psi$  : *Potencial de agua que excede el mínimo*
- $\Psi_{b^{(g)}}$  : *Potencial de agua mínimo en el cual el acondicionamiento podría ocurrir*
- $T$  : *Temperatura del agua que excede el mínimo*
- $T_b$  : *Temperatura del agua mínimo en el cual el acondicionamiento podría ocurrir*
- $t_g$  : *Duración del tratamiento en diferentes condiciones ensayadas*

Suposiciones de esta ecuación son que  $\Psi_{b^{(g)}}$  es constante e independiente de la temperatura, y que  $T_b$  es independiente de  $\Psi$ . Sin embargo, bajo condiciones en las que  $T_b$  y  $\Psi_{b^{(g)}}$  son constantes, el modelo de Tiempo de Acondicionamiento Hidrotérmico proporciona un método para integrar los efectos de  $T$  y  $\Psi$  en el progreso hacia la germinación a una temperatura subóptima.

## **b. HIDRATACIÓN PARCIAL CONTROLADA**

Comprende a las técnicas que limitan la toma de agua por las semillas empleando soluciones osmóticas, partículas sólidas o volúmenes de agua limitadas. Estas técnicas mantienen un nivel de humedad que desencadena una serie de eventos bioquímicos-fisiológicos asociados con el proceso de pregerminación, pero no permite la emergencia de la radícula por limitaciones hídricas (Sánchez *et al.*, 2001).

En el acondicionamiento osmótico se permite la hidratación de las semillas en función del equilibrio de potenciales hídricos que se establecen en el sistema solución osmótica -semilla. Estas soluciones osmóticas pueden estar compuestas de un polímero de alto peso molecular como el polietilenglicol (PEG), de sales tales como  $K_2PO_4$ ,  $KNO_3$ ,  $NaCl$ ,  $MgSO_4$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $Ca(NO_3)_2$  o  $KH_2PO_4$ , y de azúcares como manitol o sacarosa. Los tipos de PEG con pesos moleculares entre 2000 y 8000 Da han sido recomendados como sustancias osmóticas ideales para osmoacondicionar semillas debido a que no penetran las membranas celulares, no presentan carácter tóxico, mantienen casi constante la osmolaridad de la solución y cuando están presentes en pequeñas cantidades permiten una aireación aceptable del medio (MacDonald, 2000).

Es una técnica bien conocida utilizada para mejorar la germinación posterior en numerosas especies, especialmente en condiciones subóptimas. En la práctica, el acondicionamiento es seguido por la deshidratación de las semillas a su contenido de humedad inicial, manteniendo el beneficio del tratamiento. La germinación de semillas acondicionadas podría ser menos sensible a la temperatura y la privación de oxígeno que la de las semillas no acondicionadas. Los eventos metabólicos, tales como síntesis de proteínas, ARN y ADN, la replicación del ADN o la acumulación de  $\beta$ -tubulina están asociados con el acondicionamiento (Ramírez *et al.*, 2008).

En el acondicionamiento mátrico se permite la hidratación de las semillas en función del equilibrio de potenciales mátricos que se establecen en el sistema *partícula sólida-agua-semilla*. Estas partículas sólidas sirven como medio de soporte e imbibición de las semillas, siendo los productos más empleados la vermiculita y el Micro-Cel E, este último es un silicato de calcio sintético de alta capacidad de retención de agua (Khan, 1992).

Según Rowse, citado por Gray *et al.* (1990), el acondicionamiento hídrico contempla la adición controlada de agua basada en la relación que se establece entre volúmenes exactos de agua y semillas. Sánchez *et al.* (2001) explican que en esta situación se da un suministro controlado de agua a las semillas en un tiempo establecido y de forma escalonada, permitiendo acondicionarlas pero no incentivar la germinación, asimismo indica una fórmula para calcular la cantidad de agua necesaria para alcanzar un determinado contenido de humedad en semillas.

$$M_{H_2O} = \frac{M_s(H_f - H_i)}{100 - H_f}$$

*Donde:*

$M_{H_2O}$  : Masa de agua a adicionar

$M_s$  : Masa seca inicial de las semillas

$H_i$  : Humedad inicial de las semillas

$H_f$  : Humedad final que se desea alcanzar

#### **2.4.2. APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO**

Las giberelinas son hormonas que estimulan la síntesis de enzimas hidrolíticas de  $\alpha$ -amilasa, en la capa de aleurona, activando la transcripción de los genes que codifican para dichas proteínas (Sponsel y Hedden, 2004; Davies, 2004). Las amilasas degradan el almidón y los productos de la digestión almacenados en la aleurona y el endospermo almidonoso, que luego son movilizados al escutelo para iniciar el crecimiento de las plántulas (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Las giberelinas son importantes para activar semillas dormantes, aunque la hormona no controla la dormancia de la semilla (Miransari y Smith, 2014). Estas poseen más de un sitio de acción en la estructura de la semilla y están directamente relacionadas con la terminación de la dormancia del embrión, así como con la reanudación del abastecimiento del endospermo, adicionalmente, existe evidencia de que altera la membrana celular incrementando su permeabilidad, debido a que esta hormona aumenta la extensibilidad y la

tensión de relajación de la pared celular, lo que debilita la capa del endospermo y moviliza las reservas en el endospermo (Abu-Qaoud, 2007; Taiz y Zeiger, 2006). Asimismo, Wang *et al.* (2005) encontraron que las giberelinas son necesarias para inducir la producción de las enzimas  $\beta$ -mannanasa y  $\beta$ -mannosidasa, necesarias para la germinación.

La mayoría de las semillas precisan un período de dormancia antes de que puedan germinar. En determinadas plantas, normalmente la dormancia sólo puede ser interrumpida por la acción del frío o de la luz. En muchas especies, las giberelinas pueden sustituir el factor que interrumpe la dormancia, promoviendo así el crecimiento del embrión. Son importantes también para inducir rompimiento de la dormancia después de la imbibición de las semillas, permitiendo la germinación y crecimiento del embrión (Siobhan y McCourt, 2003).

### **2.4.3. ESCARIFICACIÓN**

Los métodos comunes utilizados en los viveros para escarificar la semilla y mejorar la germinación consisten en romper, raspar o cortar la dura testa o en sumergirlas en agua caliente, hervirlas en agua o sumergirlas en ácido. Sin embargo, estos últimos no siempre son satisfactorios ya que requieren de un control estricto del tiempo y de la temperatura durante la inmersión, la cual depende parcialmente del volumen de agua por semilla (Humblebaek, 1995).

Hartmann *et al.* (2013) indican que el objeto de la escarificación mecánica es modificar las cubiertas duras e impermeables de las semillas aunque es probable que durante la cosecha, extracción y lavado de las semillas se efectúe cierta escarificación. En la mayoría de semillas de cubierta dura la germinación se mejora con un tratamiento artificial adicional. La remoción de las cubiertas de las semillas permite la germinación del embrión.

La escarificación química se lleva a cabo utilizando productos químicos. Este tipo de escarificación, además de debilitar la capa externa de las semillas, la libra de posibles plagas o impurezas que podrían estar pegadas en la misma. Entre los productos que se utilizan se encuentra el ácido sulfúrico o ácido clorhídrico. Hay que ser muy prudentes al utilizar estos productos puesto que son tóxicos por inhalación y extremadamente cáusticos para la piel. Por lo que se debe llevar una ropa adecuada y una protección eficaz para la cara y las manos.



La escarificación con agua caliente consiste en colocar las semillas en agua caliente en una cantidad de cuatro a cinco veces su volumen de agua caliente a 77 – 100°C. De inmediato se quita la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente (Arévalo, 1998). Según Kempt (1975), estos tratamientos en húmedo combinan a veces dos efectos, el de ablandar la cubierta y el de extraer por lixiviación los inhibidores químicos lo cual puede deberse a una imbibición más rápida que la que puede obtenerse en un semillero humedecido.

## **2.5. ÍNDICES DE GERMINACIÓN**

Existe una gran diversidad de métodos y expresiones matemáticas para medir el proceso de germinación que no solo se limitan a evaluar la germinabilidad, sino que consideran otros aspectos cuantitativos propios del proceso de germinación.

El tiempo, la tasa de germinación, la homogeneidad y la sincronía son aspectos importantes que pueden medirse, advirtiendo la dinámica de este proceso. La expresión de estas características resulta importante para los fisiólogos y tecnólogos de semillas ya que de esa manera es posible predecir el grado de éxito en la propagación de una especie. Precisamente, Ranal y de Santana (2006) realizaron una recopilación de determinadas expresiones matemáticas, de las cuales sólo se describen algunas a continuación.

### **2.5.1. GERMINABILIDAD (GRP)**

Es el porcentaje de semillas en las que el proceso de germinación llegó al final en las condiciones experimentales por el crecimiento intraseminal, dando como resultado la protrusión de un embrión vivo (Labouriau, 1983). Se expresa en porcentaje, donde  $n_i$  es el número de semillas germinadas en la  $i$ -ésima observación y  $N$  es el número total de semillas en cada unidad experimental.

$$GRP = G = \left( \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{N} \right) 100$$

### 2.5.2. TIEMPO MEDIO DE GERMINACIÓN (MGT)

Expresa el tiempo promedio requerido para la máxima germinación de un lote de semillas. Se calcula como la media ponderada del tiempo de germinación (hora, día u otra unidad de tiempo). Donde  $t_i$  es el tiempo desde el inicio del experimento hasta la  $i$ -ésima observación (hora, día u otra unidad de tiempo);  $n_i$  el número de semillas germinadas en el  $i$ -ésimo tiempo (no el número acumulado) y  $k$  es el último tiempo de germinación.

$$MGT = \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

### 2.5.3. VELOCIDAD DE GERMINACIÓN (GSP)

Medida independiente de la extensión de la germinación ya que está libre de la influencia del número de semillas germinadas en las muestras o tratamientos. Se expresa en porcentaje. Donde  $G_i$  es el número de semillas germinadas en el  $i$ -ésimo tiempo y  $X_i$  es el número de días desde la siembra.

$$GSP = G_s = \left( \frac{\sum_{i=1}^k G_i}{\sum_{i=1}^k G_i X_i} \right) 100$$

### 2.5.4. ÍNDICE DE INCERTIDUMBRE (UNC)

Mide el grado de incertidumbre asociado a la distribución de la frecuencia relativa de germinación. Los valores bajos indican frecuencias con pocos picos, es decir, germinación más concentrada en el tiempo. Sólo una semilla de germinación hace variar sus valores, esto significa que este índice mide el grado de dispersión de la germinación a través del tiempo y se puede utilizar, por inferencia, para medir la sincronía de la germinación. Donde  $f_i$  es la frecuencia relativa de germinación,  $n_i$  el número de semillas germinadas en el  $i$ -ésimo tiempo y  $k$  es el último día de germinación.

$$UNC = U = - \sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i \quad \text{Siendo } f_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

### 2.5.5. ÍNDICE DE SINCRONIZACIÓN (SYN)

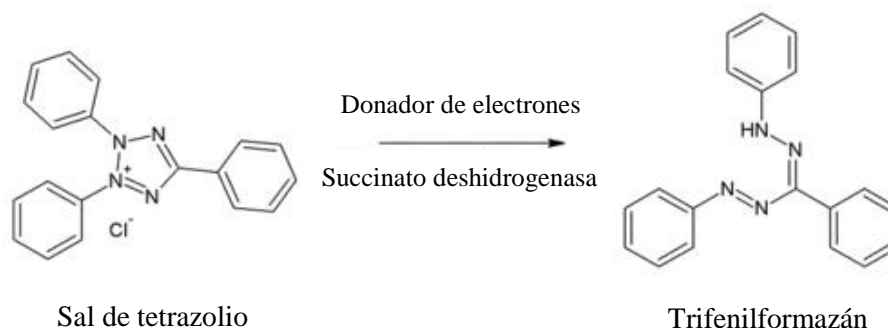
Expresa el grado de germinación que se superpone. Es una medida adimensional que produce un valor solo si hay dos semillas que terminan el proceso de germinación al mismo tiempo. La sincronía de germinación de una semilla con otra se presenta en dos situaciones,  $Z = 1$  cuando la germinación de todas las semillas ocurre al mismo tiempo y  $Z = 0$  cuando al menos dos semillas pueden germinar una en cada momento. Donde  $C_{ni,2}$  es la combinación de semillas germinadas en el  $i$ -ésimo tiempo, dos juntos, y  $n_i$  es el número de semillas germinadas en el  $i$ -ésimo tiempo.

$$SYN = Z = \frac{\sum C_{ni,2}}{N} ; \text{ Siendo } C_{ni,2} = \frac{n_i(n_i - 1)}{2} \text{ y } N = \frac{\sum n_i(\sum n_i - 1)}{2}$$

### 2.6. PRUEBA DE VIABILIDAD EN SEMILLAS

La prueba de viabilidad revela una serie de aspectos esenciales para conocer la calidad de un lote de semillas, asimismo, permite identificar otros factores asociados a su baja germinación; entre ellos la dormición. Con ello, brinda una adecuada evaluación de la capacidad germinativa potencial de las semillas (Ruiz, 2009).

El test de tetrazolio se basa en la actividad de las enzimas deshidrogenasas (Figura 2) las cuales catalizan las reacciones respiratorias en las mitocondrias, durante la glicólisis y el ciclo de Krebs. Estas enzimas, particularmente las deshidrogenasas del ácido málico, reducen la sal de tetrazolio (2,3,5-trifenil cloruro de tetrazolio o TCT) en los tejidos vivos de los embriones (AOSA, 2010).



**Figura 2.** Reducción del 2, 3, 5- trifenil cloruro de tetrazolio a 1, 3, 5-trifenilformazán por acción de las deshidrogenasas.

FUENTE: *Elaboración propia*

Al ser hidratadas las semillas, la actividad de las deshidrogenasas se incrementa, resultando en la liberación de iones hidrógeno, lo que reduce a la solución de TCT a trifenilformazán, tornándose la solución, inicialmente incolora, a un color rojo. El trifenilformazán se difunde fácilmente por las células vivas, tiñéndolas de color rojo, en tanto que las muertas permanecen sin colorear (Pérez y Pita, 2001).

Cuando en el tejido exista actividad respiratoria de las mitocondrias, se formará el color rojo carmín claro; si el tejido está en proceso de deterioro presentará un color rojo más intenso, en virtud de la mayor intensidad de difusión de la solución de tetrazolio por las membranas celulares comprometidas de tales tejidos. Si el mismo está muerto, la reducción de la sal no ocurrirá, y no presentará ningún tipo de coloración, contrastando con el tejido vivo teñido (França Neto *et al.*, 1998; Moore, 1973).

Las semillas se sumergen en la solución de TCT en concentraciones de 0,5 o 1 por ciento por un período de tiempo, que puede oscilar entre 2 a 18 horas dependiendo de las especies. Aunque, ciertas semillas requieren de la realización de cortes para exponer al embrión para una mejor acción del compuesto (Ruiz, 2009; ISTA, 2007).

La viabilidad de las semillas se determina en función del patrón de tinción del embrión y la intensidad de la coloración en regiones esenciales como la radícula, plúmulas y el eje embrionario. La observación de tales diferencias de color, juntamente con el conocimiento de diversas características de las semillas permite la determinación de la presencia, localización y naturaleza de los disturbios que pueden ocurrir en los tejidos embrionarios.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Horticultura de la Facultad de Agronomía localizado en el distrito de La Molina, región Lima, ubicado geográficamente a latitud 12° 4'58.51"S, longitud 76°56'51.93"O y 236 m.s.n.m.

La investigación se estructuró en dos partes; la primera comprendió el estudio de los efectos del acondicionamiento osmótico y la segunda, el estudio de los efectos de otros tratamientos pregerminativos como la escarificación, imbibición, uso de ácido giberélico, y el empleo de nitrato de potasio.

#### 3.1. EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE SEMILLAS

La cantidad de semillas necesarias para todo el experimento se obtuvo en dos fechas, la primera el 21 de marzo y la segunda el 19 de mayo del 2017. En cada una las semillas fueron extraídas a partir de frutos fisiológicamente maduros (Figura 3), sin aparentes daños mecánicos y libres de



**Figura 3.** *Frutos seleccionados para la extracción de semillas*

enfermedades. Además, se procedió a descartar frutos muy pequeños o demasiado grandes.

Los frutos seleccionados se caracterizaron externa e internamente. La morfometría se realizó con base a su diámetro ecuatorial y polar, empleando un vernier digital Traceable ©, empleando esos valores para determinar la esfericidad de los mismos. La caracterización interna se realizó considerando los sólidos solubles y la acidez presente en todo el lote en toma de datos por triplicado, disponiendo de un Refractómetro Hanna ® y un sistema de titulación con NaOH. A su vez, se registró el código de color con ayuda de una Tabla Munsell modificada, además del peso y el número de semillas promedio por fruto.

Una vez extraídas, se procedió a rasgar el arilo de las semillas con ayuda de una malla con orificios de 1 mm; luego, tanto las semillas como el jugo del arilo se pusieron a fermentar por cinco días en recipientes de plástico herméticos puestos en estufa a 33°C, diariamente se homogeneizaba la mezcla para facilitar la ventilación.

Terminado el proceso fermentativo, a las semillas se les retiró el arilo mediante fricción con arena fina y posteriormente se procedió a realizar continuos lavados con agua destilada; inmediatamente se absorbió el excedente de agua con papel toalla y se les dejó secar a temperatura ambiente sobre papel Kraft.

A los cinco días se realizó una primera selección de semillas empleando el método de flotación y posteriormente se las seleccionó por su morfometría, descartando aquellas con alguna deformidad en su testa, al igual que las más pequeñas y grandes.

Las semillas seleccionadas se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio al 0.25 por ciento durante 10 minutos; luego fueron enjuagadas con abundante agua destilada. Por último, se secaron con papel toalla y se dejaron secar por 48 horas sobre papel Kraft a temperatura ambiente para su posterior empleo.

### **3.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS SEMILLAS**

Con ayuda de un microscopio estereoscópico binocular LEICA EZ4W se reconocieron las principales estructuras seminales en el tumbo serrano.

### **3.3. PRUEBA DE VIABILIDAD**

Previo a la aplicación de los respectivos tratamientos, en cada parte de la investigación se realizó una prueba de viabilidad con base a lo descrito por Velásquez *et al.* (s.f.) y Cárdenas (2011). Para ello se remojó un grupo de 20 semillas en agua destilada por 24 horas, pasado ese tiempo se procedió a retirar el tegumento de las semillas con la ayuda de pinzas y tenazas de cuchilla curva para luego extraer los embriones del tejido endospermico. Estos fueron colocados inmediatamente en un vaso precipitado cubierto de papel aluminio conteniendo la solución de tetrazolio (cloruro de 2, 3, 5 trifeniltetrazolio) al uno por ciento, en donde reposaron por 24 horas a 35°C. Aquellos con más del 70 por ciento de su área teñida se consideraron viables.

### 3.4. CURVA DE IMBIBICIÓN

Se desarrolló entre el 6 y el 12 de abril. La curva de imbibición se determinó tomando como base las horas de imbibición y el porcentaje de humedad ganada durante este proceso, este último se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Hn_{(\%)} = \left[ \left( \frac{P_h - P_s}{P_h} \right) - \left( \frac{P_i - P_s}{P_i} \right) \right] 100$$

Donde:  $Hn$  es la humedad absorbida expresada en porcentaje,  $P_i$  es el peso inicial (mg),  $P_h$  es el peso húmedo (mg) y  $P_s$  es el peso seco (mg).

En este caso se pesaron cuatro grupos de 10 semillas y se sometieron a diferentes periodos de imbibición (1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 32, 38, 56 y 128 horas) en un volumen de 50 ml de agua destilada cada uno. Al final de cada periodo de imbibición se retiraron las semillas de los recipientes; se absorbió el excedente de agua con papel toalla y se registró el peso ganado en cada grupo.

Paralelamente, se determinó el porcentaje de humedad inicial en las semillas usando el método de materia seca descrito por el ISTA (1999) en cuatro grupos de 10 semillas.

### 3.5. PRIMERA PARTE: ACONDICIONAMIENTO OSMÓTICO E HÍDRICO

Esta parte de la investigación se llevó a cabo bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) en dos fases. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental de 50 semillas, para un total de 200 por tratamiento.

#### 3.5.1. FASE I: SELECCIÓN DE ACONDICIONANTES OSMÓTICOS

Esta fase se dividió en dos etapas; en la primera se evaluaron los efectos de cinco soluciones salinas a tres concentraciones (Cuadro 1), desarrollado entre el 4 de abril y 4 de mayo, aquellos tratamientos con nula germinación fueron preseleccionadas para su posterior evaluación en la segunda etapa, desarrollado entre el 6 y 14 de mayo, en donde se seleccionaron los tratamientos con los mejores índices de germinación.

En la etapa de preselección se emplearon placas Petri de 100 mm de diámetro a las cuales se les colocó un doble fondo de papel toalla sobre las que se ubicaron 50 semillas de tumbo serrano para luego ser cubiertos por una capa doble del mismo papel toalla. Por último, a

cada placa se le añadió la suficiente solución salina para llevar el papel a punto de saturación, manteniendo una condición de alta humedad durante los 30 días de evaluación mediante aplicaciones interdiarias.

En ese lapso, se registraron las semillas germinadas de todos los tratamientos, con especial atención al testigo ya que su seguimiento permitió establecer si las semillas en los otros tratamientos pudieron alcanzar la segunda fase del proceso germinativo. Se consideró como semilla germinada aquellas que presentaron una radícula mayor a un milímetro de largo.

Pasados los 30 días desde la siembra en las placas, se procedió a descartar los tratamientos que presentaron al menos dos por ciento de germinación en promedio. Luego, las semillas de los tratamientos que no presentaron germinación se enjuagaron con agua destilada, se secaron parcialmente con papel toalla y se les dejó reposar por un tiempo de 24 horas a temperatura del medioambiente.

Las semillas de los tratamientos preseleccionados se volvieron a sembrar en placas Petri con papel toalla, al igual que en la primera etapa, pero manteniendo la humedad del sustrato solo con agua destilada durante toda su evaluación. Se registraron las semillas germinadas por un periodo de ocho días, y al final se seleccionaron solo cuatro tratamientos que presentaron mejores índices de germinación, los cuales fueron evaluados en la fase II de esta parte de la investigación.

### 3.5.2. FASE II: TIEMPOS DE ACONDICIONAMIENTO

En esta fase se evaluaron los efectos producidos en las semillas por cuatro tiempos de acondicionamiento, empleando como agentes a los tratamientos seleccionados concluida la fase I, así como al agua destilada, desarrollándose entre el 2 de junio y 17 de julio. Para ello, las semillas se sometieron a tiempos de inmersión de 14, 10.5, 7 y 3.5 días en 250 ml de solución salina y agua destilada (Cuadro 2).



**Figura 4.** Sistema de aireación acoplado a los recipientes de plástico



Cada solución estaba contenida en recipientes de plástico sellados, con una capacidad de medio litro, todo ello acoplado a un sistema de aireación continuo sostenido por dos bombas de aire marca Asian Star AP 500 (Figura 4).

Cada grupo de tiempos de acondicionamiento se instaló de tal manera que, pasado los 14 días, se pudieran retirar todas las semillas de cada unidad experimental al mismo momento. Al igual que en la fase I, las semillas se enjuagaron, secaron parcialmente y se dejaron en reposo por 24 horas, para luego ser sembradas en placas Petri sobre papel toalla. Se registraron las semillas germinadas en forma diaria por un periodo de 30 días.

**Cuadro 1.** Descripción de los tratamientos y unidades experimentales evaluados en la fase de selección de acondicionadores osmóticos

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	CONCENTRACIÓN	UNIDAD EXPERIMENTAL	REPETICIÓN	TOTAL
T <sub>0</sub>	Testigo	-	50	4	200
T <sub>1</sub>	NaCl	100 mM	50	4	200
T <sub>2</sub>	NaCl	200 mM	50	4	200
T <sub>3</sub>	NaCl	300 mM	50	4	200
T <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100 mM	50	4	200
T <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200 mM	50	4	200
T <sub>6</sub>	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300 mM	50	4	200
T <sub>7</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100 mM	50	4	200
T <sub>8</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200 mM	50	4	200
T <sub>9</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300 mM	50	4	200
T <sub>10</sub>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100 mM	50	4	200
T <sub>11</sub>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200 mM	50	4	200
T <sub>12</sub>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300 mM	50	4	200
T <sub>13</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100 mM	50	4	200
T <sub>14</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200 mM	50	4	200
T <sub>15</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300 mM	50	4	200

**Cuadro 2.** Descripción de los tratamientos y unidades experimentales evaluados en la fase de tiempos de acondicionamiento

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	TIEMPO (Días)	UNIDAD EXPERIMENTAL	REPETICIÓN	TOTAL
T <sub>0</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	0	50	4	200
T <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	14	50	4	200
T <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	10.5	50	4	200
T <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	7	50	4	200
T <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	3.5	50	4	200
T <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14	50	4	200
T <sub>6</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	50	4	200
T <sub>7</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7	50	4	200
T <sub>8</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	50	4	200
T <sub>9</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14	50	4	200
T <sub>10</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	50	4	200
T <sub>11</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7	50	4	200
T <sub>12</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	50	4	200
T <sub>13</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14	50	4	200
T <sub>14</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	50	4	200
T <sub>15</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7	50	4	200
T <sub>16</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	50	4	200
T <sub>17</sub>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14	50	4	200
T <sub>18</sub>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	50	4	200
T <sub>19</sub>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7	50	4	200
T <sub>20</sub>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	50	4	200

### 3.6. SEGUNDA PARTE: OTROS TRATAMIENTOS

Esta parte de la investigación se llevó a cabo bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA). Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental de 50 semillas, para un total de 200 por tratamiento. Se desarrolló entre el 2 de junio y el 17 de julio.

En esta parte se evaluaron los efectos del nitrato de potasio a tres concentraciones, ácido giberélico en dos concentraciones, escarificación mecánica basal combinada con ácido giberélico, escarificación mecánica basal y de la imbibición en agua destilada, todos bajo un tiempo de inmersión de 48 horas (Cuadro 3). Para ello, se emplearon placas Petri de 100 mm de diámetro a las cuales se les colocó un doble fondo de papel toalla sobre las que se ubicaron 50 semillas de tumbo serrano las cuales se cubrieron con una capa doble del mismo papel toalla. A cada placa se le añadió la suficiente agua destilada para llevar el papel al punto de saturación, y posteriormente se mantuvo una condición de humedad ideal durante los 45 días de evaluación.

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos y unidades experimentales evaluados en la segunda parte de la investigación

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	DOSIS /Tiempo	UNIDAD EXPERIMENTAL	REPETICION	TOTAL
T <sub>0</sub>	Testigo	-	50	4	200
T <sub>1</sub>	KNO <sub>3</sub>	0.05 % (p/v) /48 h	50	4	200
T <sub>2</sub>	KNO <sub>3</sub>	0.10 % (p/v) /48 h	50	4	200
T <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>	0.20 % (p/v) /48 h	50	4	200
T <sub>4</sub>	AG <sub>3</sub>	50 ppm /48 h	50	4	200
T <sub>5</sub>	AG <sub>3</sub> + Esc Basal	50 ppm /48 h	50	4	200
T <sub>6</sub>	GA <sub>3</sub>	100 ppm /48 h	50	4	200
T <sub>7</sub>	AG <sub>3</sub> + Esc Basal	100 ppm /48 h	50	4	200
T <sub>8</sub>	Escarificación mecánica basal	-	50	4	200
T <sub>9</sub>	Imbibición	48 h	50	4	200

### 3.7. ANÁLISIS DE DATOS

En ambas partes del experimento se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó la prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey con una confiabilidad del 95%. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico R a través de la interfaz GerminaR v. 1.2. (Lozano *et al.*, 2017).

Las variables se determinaron con base a los índices de germinación de Ranal y Santana (2006).

**Cuadro 4.** Índices de germinación y límites, donde  $n_i$  es el número de semillas germinadas en el  $i$ -ésimo tiempo y  $k$  es el último día de evaluación del proceso germinativo

Variable	Indicador	Abreviación	Límites	Unidad
Germinación total	Germinabilidad	GRP	$0 \leq G \leq 100$	Porcentaje
Tiempo medio de germinación	Tiempo medio de germinación	MGT	$0 \leq \bar{t} \leq k$	Tiempo
Velocidad de germinación	Velocidad de germinación	GSP	$0 < G_s \leq 100$	Porcentaje
Sincronización de germinación	Índice de sincronización	SYN	$0 \leq Z \leq 1$	-
Incertidumbre de germinación	Índice de incertidumbre	UNC	$0 \leq U \leq \log_2 n_i$	Bit

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS FRUTOS

Los resultados obtenidos al determinar las características morfológicas e internas de los frutos utilizados en las dos extracciones de semillas muestran poca diferencia entre ellos, así como también los valores presentados en cuanto a su peso y cantidad de semillas (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** *Valores promedio de los indicadores morfológicos e internos de los frutos de tumbo serrano.*

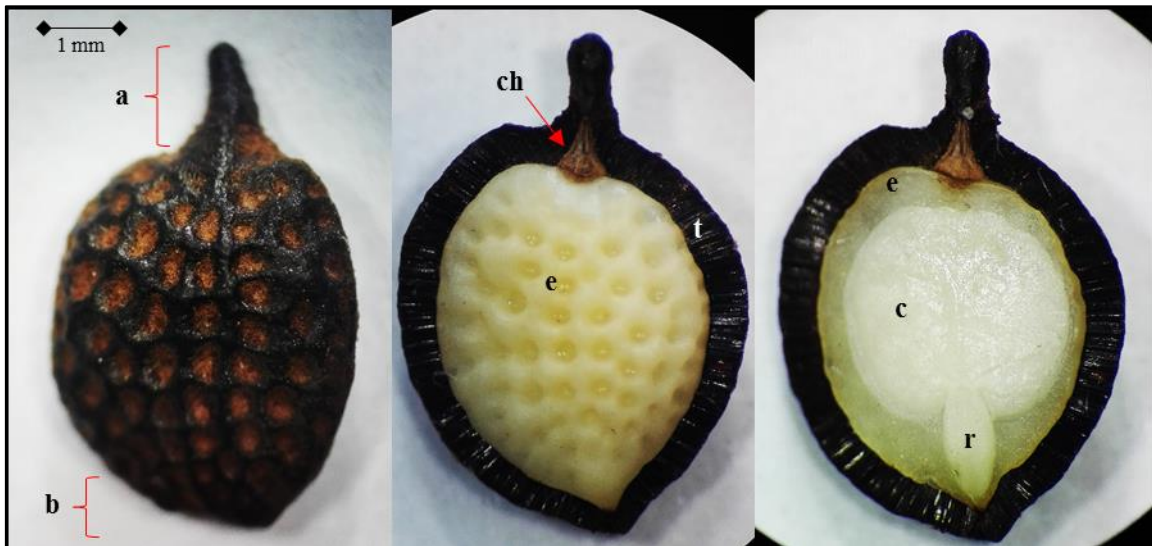
Indicadores	Primera extracción	Segunda extracción
<b>Peso (g)</b>	102.06	104.02
<b>Esfericidad</b>	0.37	0.35
<b>Semillas/fruto</b>	190.32	194.10
<b>Peso por semilla (mg)</b>	28.53	29.02
<b>Sólidos solubles (%)</b>	11.15	11.29
<b>Acidez (%)</b>	0.88	1.27

Al analizar el peso de los frutos, se encontró que estos difieren en menos de dos gramos (102.06 g y 104.02g) para cada momento; sin embargo, la esfericidad llega a ser ligeramente mayor en los frutos de la primera extracción (0.37) que en los de la segunda extracción (0.35), lo cual indica una forma más ovalada por parte de estos últimos.

Estos valores no difieren mucho de los registrados por Ramírez *et al.* (2008), quienes encontraron frutos con una esfericidad y peso promedio de 0.4 y 100.25 g, respectivamente. Sin embargo, el número promedio de semillas contenido en los frutos que analizaron fue de 244.00, distanciándose ampliamente de los registrados en este ensayo (190.32 y 194.10 semillas en cada extracción). Estos datos pueden ser explicados por el tamaño de las semillas relacionado indirectamente con el peso, ya que dichos autores registraron un peso promedio de semilla de 8.75 mg que comparado con los 26.16 y 29.76 mg registrados en este trabajo, explicaría una mayor cantidad de semillas presentes por fruto.

En cuanto a las características internas, las diferencias se encuentran al analizar el contenido de acidez, ya que en la primera extracción, los frutos presentan en promedio 0.88%, pero en la segunda, este contenido se eleva a 1.27%. Los sólidos solubles no se diferencian (11.15 y 11.29 %, respectivamente). Al respecto, Ramírez *et al.* (2008) indican que los contenidos de sólidos solubles en los frutos pueden estar relacionados con aspectos de la madurez fisiológica de la semilla. De esa manera, en el grupo control se obtuvo porcentajes de germinación en el rango de 25.00 a 80.00% para frutos con 11.50°Bx y de 10.0 a 35.00% para frutos con 9.5°Bx en promedio.

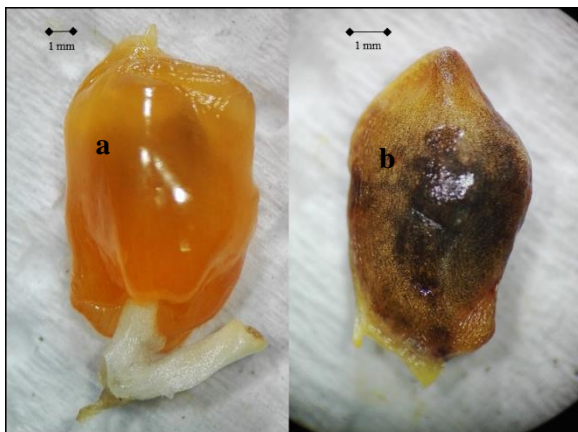
#### 4.2. CARACTERÍSTICAS SEMINALES



**Figura 5.** Partes y estructuras seminales de tumbo serrano. (a) Parte apical o funicular, (b) Parte basal o micropilar, (ch) Chalaza, (t) Tegumento, (e) Endospermo, (c) Cotiledones y (r) Radícula.

Antes de la descripción de las estructuras seminales de mayor relevancia, se registró el largo, ancho y grosor de la semilla, encontrándose un promedio de 5.98, 3.94 y 2.39 mm, respectivamente (Anexo 1).

En la Figura 5 se pueden diferenciar las principales estructuras de la semilla de tumbo serrano el tegumento, el endospermo y el embrión. En la Figura 6 se visualiza una estructura membranosa que viene a ser el arilo de origen funicular.



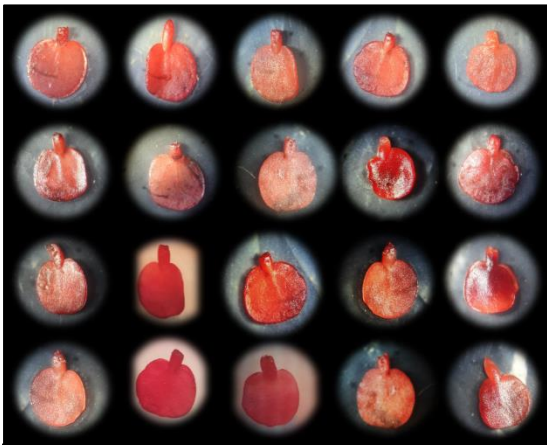
**Figura 6.** Semillas de tumbo serrano con (a) presencia del arilo completo y (b) con membrana del arilo

### 4.3. PRUEBA DE VIABILIDAD

De acuerdo con los patrones de tinción de cloruro de tetrazolio, el porcentaje de viabilidad para embriones en ambas extracciones fue superior al 80% (Figura 7 y 8). Los datos de porcentaje de viabilidad no indican diferencias según momento de extracción de las semillas.



**Figura 7.** Semillas teñidas con tetrazolio en la primera extracción. Se observa un 80.0% de viabilidad



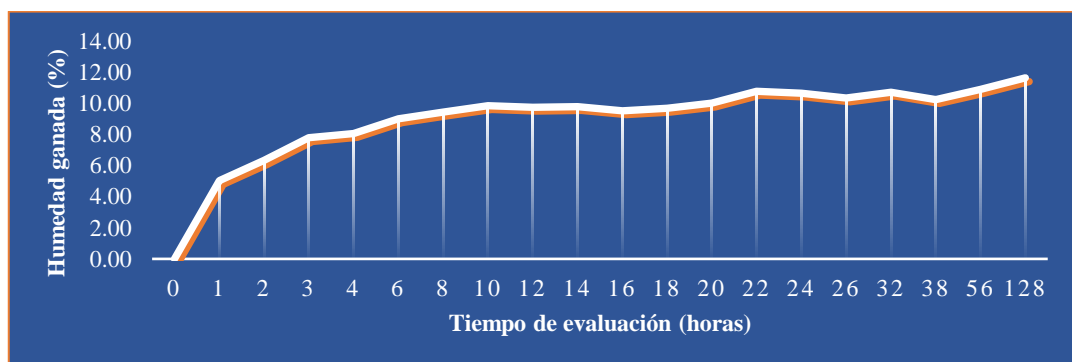
**Figura 8.** Semillas teñidas con tetrazolio en la segunda extracción. Se observa un 85.0% de viabilidad

En las semillas de la primera extracción se observan áreas no teñidas en los bordes cotiledonales, los cuales representan daños mecánicos producidos al momento de extraer el embrión para exponerlo a la solución de tetrazolio, tal y como lo recomienda Ruiz (2009), por lo que no se le debe considerar al momento de estimar la viabilidad.

En esta extracción, 4 de los 20 embriones presentan una tinción roja intensa en la zona del eje embrionario, indicando tejido en proceso de deterioro, expresando así un 80.0% de viabilidad. Para la segunda extracción, tres embriones presentan una tinción roja intensa en la zona del eje embrionario, indicando tejido en

proceso de deterioro, y con ello un porcentaje de viabilidad del 85.0%.

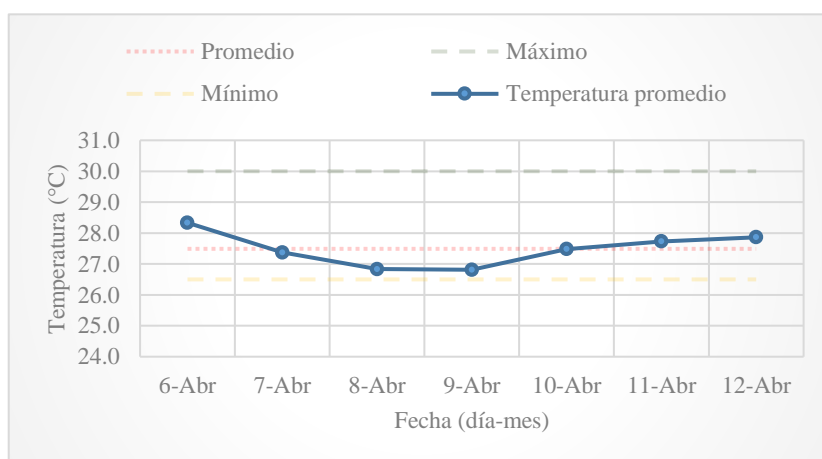
### 4.4. CURVA DE IMBIBICIÓN



**Figura 9.** Curva de imbibición en semillas de tumbo serrano

Las semillas utilizadas presentaron un contenido de materia seca inicial de 6.33% (Anexo 5). En la Figura 9 se logra observar que en las primeras tres horas las semillas de tumbo serrano incrementaron rápidamente su contenido de humedad (7.79%) alcanzando un total de 14.12% (Anexo 6). Este comportamiento se explica por el bajo potencial hídrico dentro de la semilla y es común en la primera fase del proceso germinativo (Suárez y Melgarejo, 2010).

Luego, la absorción de agua disminuye hasta llegar a estabilizarse entre las 10 y 14 horas, coincidiendo con registros poco variables del peso fresco en las muestras. Esta condición es compatible con la Fase II del proceso germinativo, en donde el potencial hídrico al interior de la semilla aumenta y en la curva se observa un comportamiento estacionario. A las 56 horas se observa un incremento ligero de la humedad interna, esto, debido a que el agua presente en la semilla activa procesos metabólicos que permiten la elongación radicular, sin embargo, en la Fase III, se visualiza la protrusión de la radícula, por lo que el patrón de la curva de imbibición de las semillas de tumbo serrano sigue siendo bifásica en el tiempo evaluado.



**Figura 10.** Temperaturas (°C) promedio durante el proceso de imbibición

En cambio, Ramírez *et al.* (2008) registraron un rango de estabilización del peso fresco entre las 12 y 15 horas en *P. mollissima*, esta diferencia se podría explicar en función a la temperatura, la cual para este ensayo fue de 27.5°C (Figura 10). Los valores elevados de temperatura afectan la fluidez del agua al modificar su energía cinética; sin embargo, no se encuentra registro de esta variable en el trabajo realizado por dichos autores.

Por otro lado, a pesar de la rápida absorción de agua durante la imbibición, la protrusión de la radícula puede observarse entre los primeros nueve o diez días posteriores a la siembra, lo que sugiere que el crecimiento del embrión se da en un tiempo prolongado debido a la presencia de una dormancia mecánica o química (Rego *et al.*, 2014; Delanoy *et al.*, 2006; Kuhne, 1968).



## 4.5. ACONDICIONAMIENTO OSMÓTICO

### 4.5.1. ETAPA DE PRESELECCIÓN DE TRATAMIENTOS

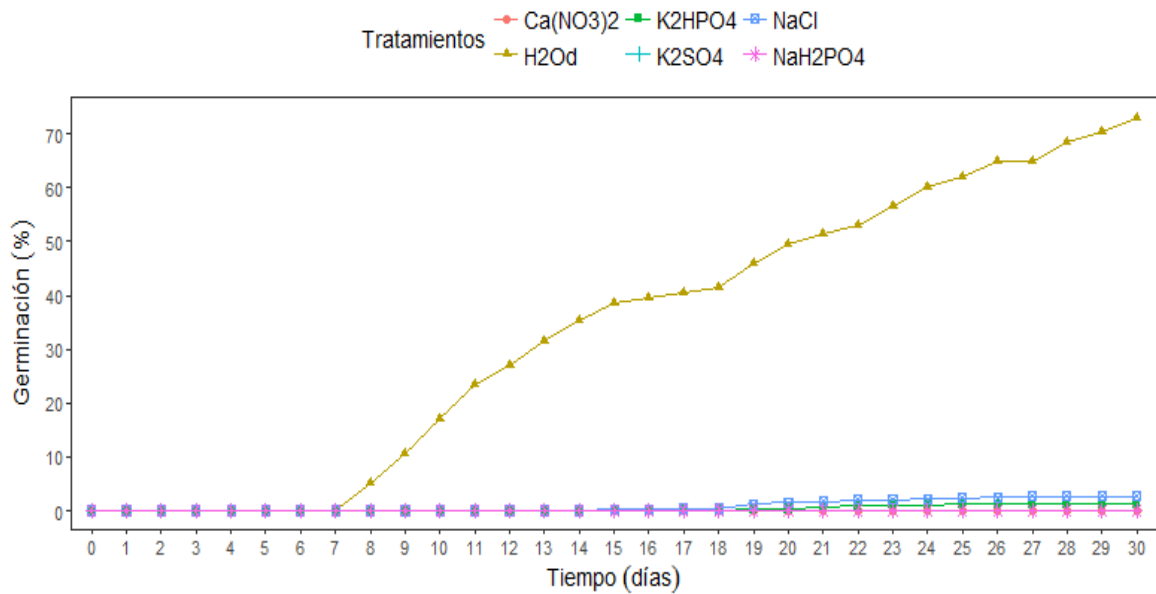
**Cuadro 6.** Valores promedio de los índices de germinación en los tratamientos evaluados en la etapa de preselección de la fase I

Tratamiento	Concentración (mM)	Índices de germinación				
		GRP	MGT	GSP	SYN	UNC
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	0.00 c	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	0.00 c	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	0.00 c	-	-	-	-
H <sub>2</sub> Od	0	73.00 a	16.89 b	5.92 a	0.05 a	3.85 a
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	3.50 c	21.75 a	4.62 b	0.00 a	0.75 c
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	0.00 c	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	0.00 c	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	0.00 c	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	0.00 c	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	0.00 c	-	-	-	-
NaCl	100	8.00 b	21.52 a	4.66 b	0.11 a	1.48 b
NaCl	200	0.00 c	-	-	-	-
NaCl	300	0.00 c	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	0.00 c	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	0.00 c	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	0.00 c	-	-	-	-

*Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey (P≤0.05)*

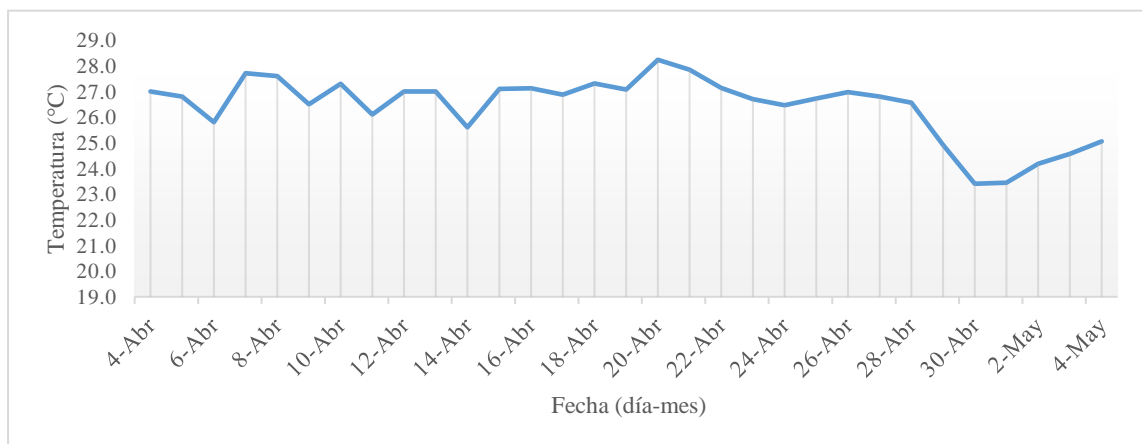
En esta etapa se descartaron aquellos tratamientos en los que la germinabilidad (GRP) superó el dos por ciento. Así, el fosfato dibásico de potasio (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) y el cloruro de sodio (NaCl) con valores de 3.5 y 8.0%, respectivamente (Cuadro 6), se separaron y no se consideraron para una posterior evaluación.

En la Figura 11 se puede observar que en el testigo (H<sub>2</sub>Od) las semillas empiezan a germinar desde el séptimo día después de siembra (DDS) y alcanza 73.0% de GRP (Cuadro 6). Esta variable indicó el estado en el que se encontraban el resto de semillas utilizadas en los diversos tratamientos, pues si ellas habían logrado alcanzar la Fase III del proceso



**Figura 11.** Germinación (%) de los tratamientos en la etapa de preselección durante 30 días

germinativo se esperaba que los tratamientos no descartados estuviesen ubicados en algún punto de la Fase II. De esta manera, al alcanzar un porcentaje cercano al establecido por la primera prueba de viabilidad (80%), se optó por terminar esta etapa a los 30 días de evaluación. Por otro lado, el tiempo medio de germinación fue de 16.89 días y la distribución de su germinación no fue homogénea en el tiempo al presentar un índice de sincronización de 0.05 (Cuadro 6). Todas estas variables se expresaron en un rango de temperatura comprendido entre los 23 y 28 °C durante los días de evaluación (Figura 12).



**Figura 12.** Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos en la etapa de preselección

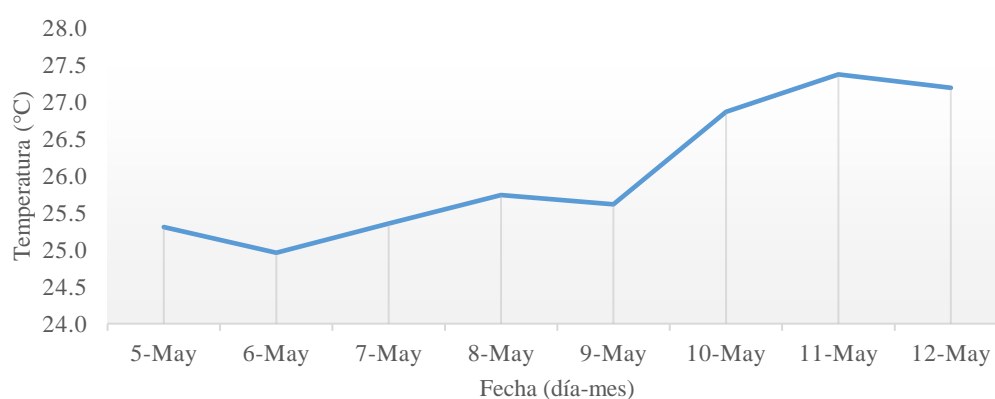
#### 4.5.2. ETAPA DE SELECCIÓN DE TRATAMIENTOS

**Cuadro 7.** Valores promedio de los índices de germinación en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I

Tratamiento	Concentración (mM)	Índices de germinación				
		GRP	MGT	GSP	SYN	UNC
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	48.50 abc	6.23 abc	16.13 bcd	0.25 a	2.03 a
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	13.50 ef	6.67 abc	15.00 cd	0.28 a	0.45 bc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	19.00 def	7.23 a	13.86 d	0.44 a	1.14 abc
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	0.00 f	-	-	-	0.00 c
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	5.50 f	6.83 ab	15.07 cd	0.63 a	0.44 bc
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	0.50 f	6.00 abc	16.67 abcd	-	0.00 c
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	69.00 ab	4.61 c	21.78 a	0.60 a	1.18 abc
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	45.00 abcd	4.99 bc	20.20 ab	0.45 a	1.51 ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	17.00 def	6.57 abc	15.24 cd	0.25 a	1.76 ab
NaCl	100	0.00 f	-	-	-	0.00 c
NaCl	200	13.00 ef	5.11 bc	19.65 abc	0.33 a	1.18 abc
NaCl	300	5.00 f	5.40 bc	18.76 abc	0.11 a	0.98 abc
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	70.00 a	4.93 c	20.47 ab	0.45 a	1.57 ab
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	40.00 bcde	6.31 abc	16.03 bcd	0.25 a	1.95 a
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	20.00 cdef	7.17 a	14.07 d	0.48 a	1.27 abc

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

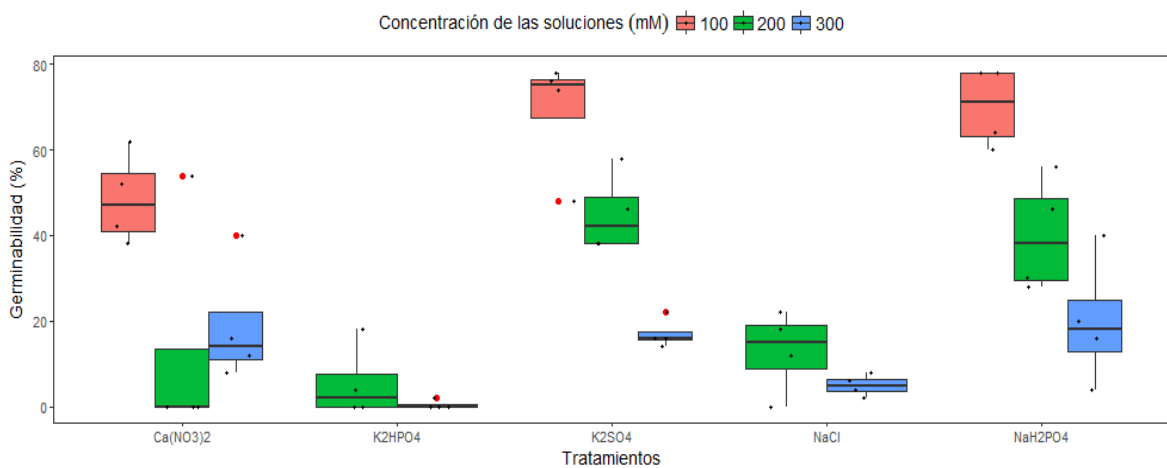
En esta etapa, las semillas empezaron a germinar al cuarto día después de la siembra (Anexo 10) y su evaluación comprendió sólo ocho días, ya que los valores presentados fueron suficientes para poder proceder a la selección de tratamientos. Durante todo ese lapso, la temperatura osciló entre los 24.96 y 27.37°C (Figura 13).



**Figura 13.** Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos en la etapa de selección

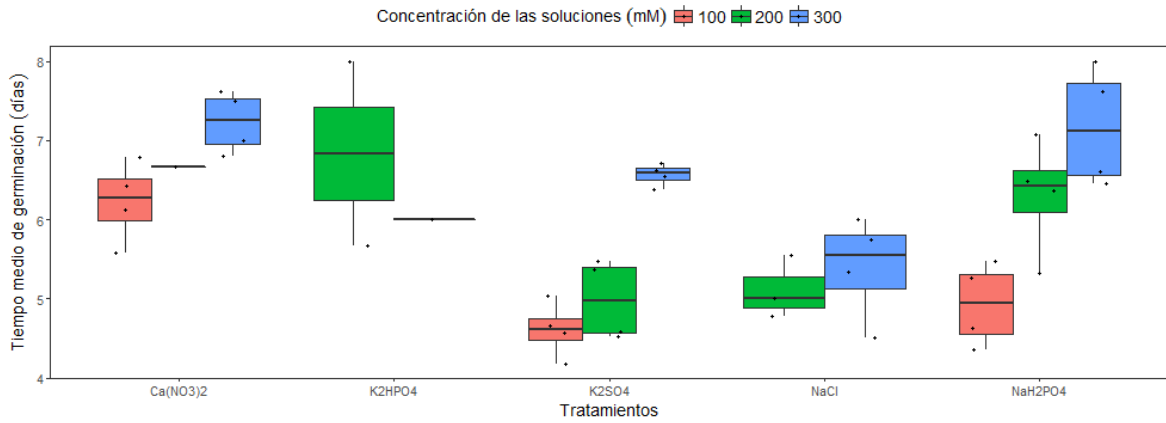
En la etapa de selección de la fase I, solo se escogieron los tratamientos con los mejores índices de germinación, jerarquizando en primer lugar la germinabilidad. Como se visualiza

en la Figura 14, los mejores valores de germinabilidad los obtienen el fosfato de sodio ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), el sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) y el nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) a una concentración de 100 mM, y el  $\text{K}_2\text{SO}_4$  con  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  a una concentración de 200 mM. El Cuadro 7 muestra al  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  a 100 mM con la más alta germinabilidad (70.0%) seguido del  $\text{K}_2\text{SO}_4$  a 100 mM con 69.0%, ambos cercanos al testigo de la etapa de preselección (Cuadro 6). El tercer tratamiento seleccionado fue el  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  a 100 mM, ya que alcanzó una germinabilidad de 48.5%.



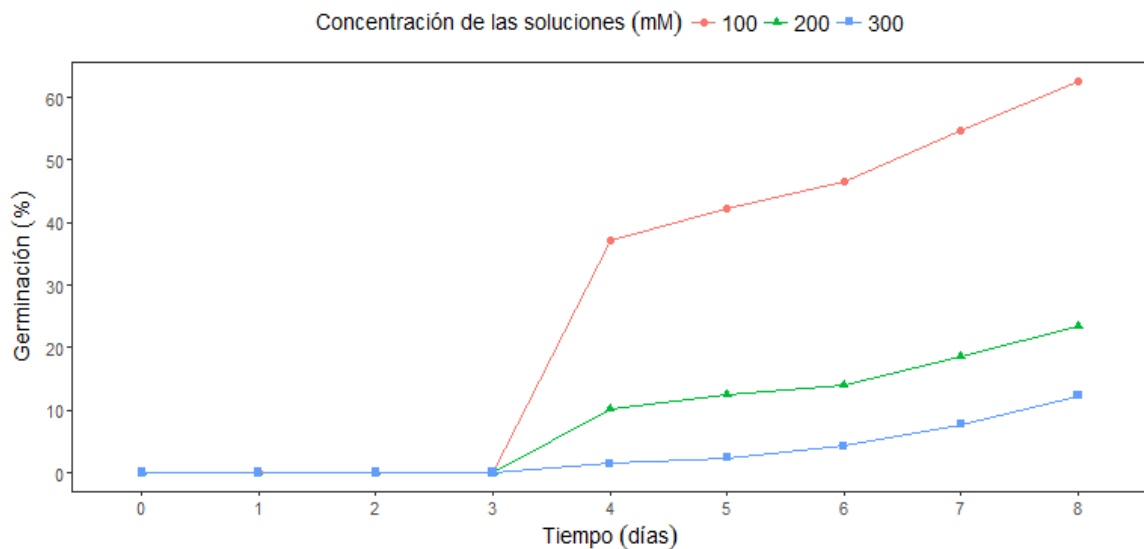
**Figura 14.** Diagrama de cajas de la germinabilidad (%) en la etapa de selección

En la selección del cuarto tratamiento fue necesario evaluar el tiempo medio de germinación (MGT), de esta manera, el  $\text{K}_2\text{SO}_4$  a 200 mM expresó un valor de 4.99 días, más de un punto por debajo del presentado por el  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  a 200 mM (6.31 días) (Cuadro 7); sin embargo, esta variable se puede diferenciar entre los dos tratamientos rápidamente en la Figura 15. Asimismo, la velocidad de germinación (GSP) del  $\text{K}_2\text{SO}_4$  llegó a 20.20%, superando al  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  que mostró un valor de 16.03%. En cuanto a la sincronización, no se presentan diferencias significativas entre ambos índices de sincronización (SYN), pero si la hay cuando nos referimos a la incertidumbre de la germinación, puesto que el  $\text{K}_2\text{SO}_4$  a 200 mM tiene un menor valor de índice de incertidumbre (UNC) con 1.51 frente al  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  a 200 mM que expresa 1.95 (Cuadro 7).



**Figura 15.** Diagrama de cajas del tiempo medio de germinación (días) en la etapa de selección

Cabe resaltar que en su mayoría, los tratamientos con concentraciones de 100 mM obtuvieron mejores valores de germinación durante los días evaluados, demostrando que a estas concentraciones, las sales empleadas no resultan tóxicas para tumbo serrano (Figura 16).



**Figura 16.** Comportamiento germinativo con base a las tres concentraciones evaluadas durante los ocho días

Las soluciones con altas concentraciones de sales posiblemente tengan un efecto tóxico en los tejidos, ya que si bien se aprovechan las propiedades osmóticas de estos compuestos, al existir un alto gradiente de potencial electroquímico, los compuestos osmocondicionantes de bajo peso molecular pueden llegar a atravesar las membranas y debido a las propiedades químicas que presentan, pueden provocar daños irreversibles a las estructuras celulares al

interior de las semillas, reduciendo drásticamente su viabilidad (Sánchez *et al.*, 2001; Khan *et al.*, 1983).

De esta forma, se seleccionaron los tratamientos NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> a 100 mM, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 100 mM, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> a 100 mM y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 200 mM para evaluarlos en la fase II de la primera parte del experimento con tiempos de acondicionamiento.

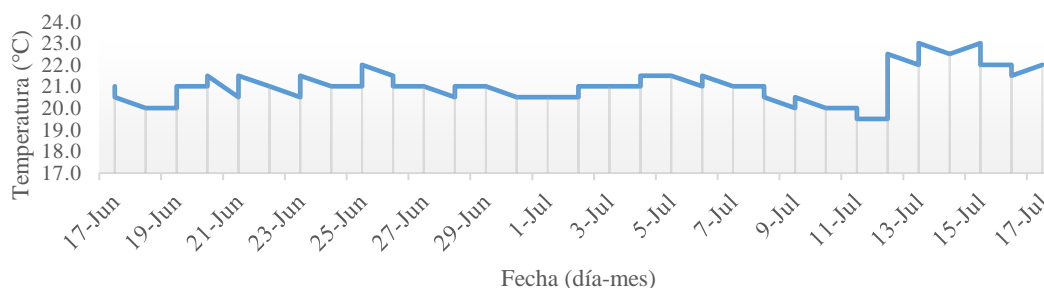
#### 4.5.3. TIEMPOS DE ACONDICIONAMIENTO, FASE II

**Cuadro 8.** Valores promedio de los índices de germinación en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento (fase II)

Tratamiento	Tiempo (días)	Índices de germinación				
		GRP	MGT	GSP	SYN	UNC
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	53.00 abcde	22.33 abcde	4.51 abcde	0.10 ab	3.22 abc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14.0	65.00 abc	20.64 cde	4.86 abcd	0.06 b	3.69 a
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	45.50 cde	23.47 abc	4.27 de	0.11 ab	3.10 abcd
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7.0	52.50 abcde	21.73 bcde	4.61 abcde	0.09 ab	3.34 ab
H <sub>2</sub> Od	0.0	52.00 abcde	24.73 ab	4.05 e	0.19 a	2.59 bcd
H <sub>2</sub> Od	10.5	66.00 abc	19.85 de	5.06 ab	0.08 b	3.60 a
H <sub>2</sub> Od	14.0	68.50 ab	19.91 de	5.02 abc	0.10 ab	3.44 a
H <sub>2</sub> Od	3.5	49.00 bcde	22.85 abcd	4.39 cde	0.14 ab	2.94 abcd
H <sub>2</sub> Od	7.0	70.00 a	19.64 e	5.11 a	0.10 ab	3.27 abc
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	47.50 cde	22.82 abcde	4.39 cde	0.11 ab	3.06 abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14.0	52.50 abcde	22.48 abcde	4.45 abcde	0.13 ab	3.02 abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	35.00 efg	22.70 abcde	4.41 bcde	0.08 ab	3.11 abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7.0	40.50 def	23.33 abc	4.30 de	0.08 ab	3.18 abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	24.50 fg	24.81 ab	4.04 e	0.11 ab	2.51 cd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14.0	41.00 def	21.96 abcde	4.58 abcde	0.11 ab	3.03 abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	18.50 g	25.04 a	4.00 e	0.13 ab	2.39 d
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7.0	40.50 def	23.11 abc	4.33 de	0.09 ab	2.98 abcd
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	53.50 abcde	20.97 cde	4.79 abcd	0.08 b	3.43 a
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14.0	56.00 abcd	22.37 abcde	4.48 abcde	0.11 ab	3.14 abcd
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	47.00 cde	22.99 abcd	4.36 de	0.08 ab	3.30 abc
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7.0	55.50 abcde	22.55 abcde	4.44 bcde	0.09 ab	3.33 ab

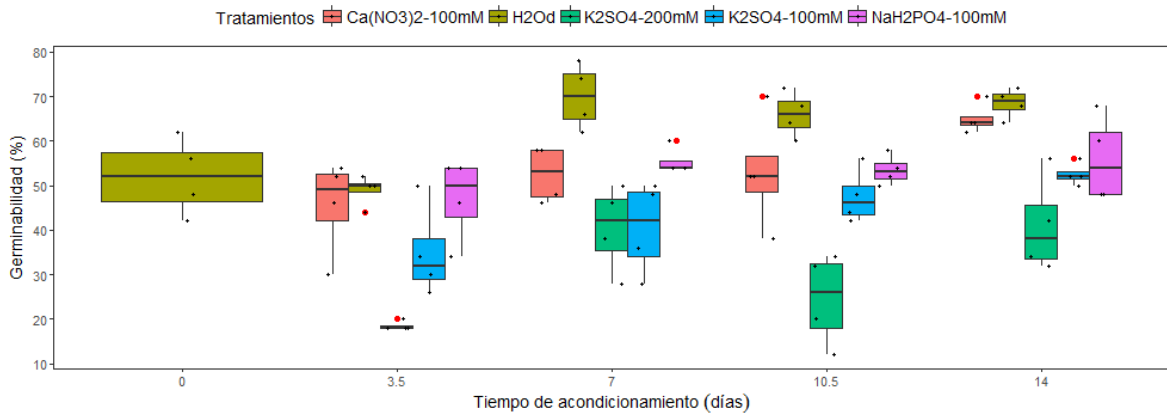
Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

En esta fase, las semillas comenzaron a germinar a los cinco días después de la siembra (Anexo 18) y su evaluación comprendió 30 días desde la instalación, registrando durante este periodo temperaturas comprendidas entre 20.0 y 23.0 °C (Figura 17).



**Figura 17.** Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos sometidos a tiempos de acondicionamiento

En la Figura 18 se puede diferenciar que los tratamientos que comprendieron el agua como acondicionante alcanzaron los mejores valores de germinabilidad. Así la más alta GRP estuvo presente en el tratamiento que implicó siete días de inmersión, mostrando un valor de 70.00%, le siguieron los valores de 68.50 y 66.00%, ambos presentes también en tratamientos implicados al acondicionamiento hídrico, pero con un tiempo de inmersión de 14.0 y 10.5 días, respectivamente (Cuadro 8). A su vez, el mejor tiempo medio y velocidad de germinación (19.64 días y 5.11%) le corresponden también al tratamiento sometido a siete días de acondicionamiento hídrico, seguido por el tratamiento sometido a 10.5 días de acondicionamiento hídrico con 19.85 días de MGT y 5.06% de GSP y el tratamiento sometido a 14 días de acondicionamiento hídrico con 19.91 días de MGT y 5.02% de GSP. Sin embargo, ninguno de los tratamientos mencionados pudo superar la sincronización e incertidumbre expresadas por el testigo con 0.19 de SYN y 2.59 de UNC. Con todo lo expuesto, se logra observar que la germinabilidad es afectada negativamente luego de los siete días de inmersión en agua destilada, esto se puede explicar al analizar la curva de imbibición en semillas de tumbo serrano (Figura 9), ya que tras 14 horas de inmersión, las semillas logran estabilizar el ingreso de agua, permaneciendo bajo esta condición por al menos cinco días. Mabundza *et al.* (2010) obtuvo una tendencia similar en gulupa (*P. edulis* fo. *edulis*), en donde tras 7.0 y 14.0 días de remojo en agua destilada determinó una germinabilidad de 71.50 y 41.50%, respectivamente. Esta condición es explicada por Ferreira *et al.* (2001), quienes indican que ante situaciones prolongadas de imbibición se induce a la impermeabilidad del tegumento hacia el oxígeno, inhibiendo el proceso germinativo.



**Figura 18.** Diagrama de cajas de la germinabilidad (%) en la fase II

Por otro lado, Rego *et al.* (2014) plantean la presencia de una dormancia química en semillas de tumbo serrano e indican que la lixiviación de los inhibidores ubicados en los tejidos seminales se da por acción del agua, al disolver esos compuestos y trasladarlos fuera de la semilla por un diferencial de concentración. Al mismo tiempo, Hartmann *et al.* (2013) exponen que esta dinámica se ve favorecida por la temperatura. Todo ello ocurriría en un tiempo determinado de imbibición que aún no está determinado para este cultivo, aunque, como se indica en los resultados, este podría estar comprendido alrededor de los siete días de acondicionamiento y a una temperatura promedio de 23°C (Anexo 19). No obstante, Gray *et al.* (1990) indican que se debería considerar también las características de absorción de cada lote de semillas para delimitar el tiempo de exposición, señalando además, que con este tipo de acondicionamiento se logran obtener resultados similares a los conseguidos por un acondicionamiento osmótico.

Para el caso del nitrato de calcio a la concentración de 100 mM, se observa que la germinabilidad aumenta cuando mayor es el tiempo de acondicionamiento (Cuadro 8). Así, tras 14 días de inmersión en esta solución salina se presentó un valor promedio de 65.00% de germinabilidad, siendo este a los 10.5, 7 y 3.5 días el de 53.00, 52.50 y 45.50%, respectivamente. Si bien los tres valores más altos de este índice superan al valor presentado por las semillas tratadas con esta sal a la misma concentración en la fase de selección (48.50% de GRP), los otros índices de germinación presentados no terminaron sobresaliendo al compararlos con los definidos en el Cuadro 7. De esta manera, en la etapa de selección se presentaron mejores índices de germinación con 6.23 días como tiempo medio de germinación, 16.13% de velocidad de germinación, 0.25 de índice de sincronización y 2.03



de índice de incertidumbre, superando ampliamente a los mejores valores expresados por la misma solución-concentración en esta fase, siendo estos de 20.64 días como tiempo medio de germinación (14 días de acondicionamiento), 4.86% de velocidad de germinación (14 días), 0.11 de índice de sincronización (3.5 días) y 3.10 de índice de incertidumbre (Cuadro 8).

Para el caso del sulfato de potasio a la concentración de 100 mM, también se observa que la germinabilidad aumenta cuando mayor es el tiempo de acondicionamiento (Cuadro 8). Así, tras 14 días de inmersión en esta solución salina se presentó un valor promedio de 52.50% de germinabilidad, disminuyendo a los 10.5, 7 y 3.5 días con valores de 47.50, 40.50 y 35.00%, respectivamente. Ninguno de estos valores para el índice mencionado llegan a superar al valor presentado por las semillas tratadas con esta sal a la misma concentración en la fase de selección (69.00% de germinabilidad). Por otro lado, los índices de germinación restantes presentados por este tratamiento en la fase de selección sobresalen al compararlos con los expresados por los diferentes tiempos de acondicionamiento en este caso. De esta manera, en la etapa de selección se presentaron valores de 4.61 días como tiempo medio de germinación, 21.78% de velocidad de germinación, 0.60 de índice de sincronización y 1.18 de índice de incertidumbre (Cuadro 7), superando ampliamente a los mejores valores expresados por la misma solución-concentración en esta fase, determinándose 22.48 días como tiempo medio de germinación, 4.45% de velocidad de germinación, 0.13 de índice de sincronización y 3.02 de índice de incertidumbre, todos esos promedios presentes en el tratamiento sometido a 14 días de acondicionamiento (Cuadro 8).

Para el caso del sulfato de potasio a la concentración de 200 mM, no se observa el mismo fenómeno expresado en los dos casos anteriores, en el que la germinabilidad aumentó a medida que lo hace el tiempo de acondicionamiento. Así, tras 14 días de inmersión en esta solución salina se presentó un valor promedio de 41.00% de germinabilidad, el cual no se diferenció estadísticamente del determinado a los 7 días de acondicionamiento (40.50%), siendo este valor de 24.50 y 18.50% a los 10.5 y 3.5 días, respectivamente (Cuadro 8). Al comparar la germinabilidad expresada en este caso con la determinada en las semillas tratadas con esta sal a la misma concentración en la fase de selección (45.00%) ninguna de ellas llega a superarla, siendo la diferencia de hasta 4 puntos porcentuales. Por otro lado, los índices de germinación restantes presentados por este tratamiento en la fase de selección sobresalen al compararlos con los expresados por los diferentes tiempos de

acondicionamiento en este caso. De esa manera, en la etapa de selección se presentaron valores de 4.99 días como tiempo medio de germinación, 20.20% de velocidad de germinación, 0.45 de índice de sincronización y 1.51 de índice de incertidumbre (Cuadro 7), superando ampliamente a los mejores valores expresados por la misma solución-concentración en esta fase, determinándose 21.96 días como tiempo medio de germinación, 4.58% de velocidad de germinación, 0.13 de índice de sincronización y 2.39 de índice de incertidumbre, los dos primeros presentes en el tratamiento sometido a 14 días de acondicionamiento y los dos últimos pertenecientes a los tratamientos sometidos a 3.5 días de acondicionamiento (Cuadro 8).

Para el caso del fosfato monosódico a la concentración de 100 mM, no se observó un comportamiento referido al aumento de la germinabilidad a razón del tiempo de acondicionamiento. Así, tras 14 días de inmersión en esta solución salina se presentó un valor promedio de 56.00% de germinabilidad, a los 10.5 días un valor de 53.50% el cual no se diferenció estadísticamente del determinado a los 7 días de acondicionamiento (55.50%), por último, a los 3.5 días se determinó un valor de 47.00% (Cuadro 8). Al comparar estos índices de germinabilidad con la determinada en el tratamiento vinculado a esta sal en la misma concentración en la fase de selección (70.00%) ninguna de ellas llega a superarla, siendo la diferencia de hasta 14 puntos porcentuales. Por otro lado, los índices de germinación restantes presentados por este tratamiento en la fase de selección sobresalen al compararlos con los expresados por los diferentes tiempos de acondicionamiento en este caso. De esa manera, en la etapa de selección se presentaron valores de 4.93 días como tiempo medio de germinación, 20.47% de velocidad de germinación, 0.45 de índice de sincronización y 1.57 de índice de incertidumbre (Cuadro 7), superando ampliamente a los mejores valores expresados por la misma solución-concentración en esta fase, determinándose 20.97 días como tiempo medio de germinación, 4.79% de velocidad de germinación, 0.11 de índice de sincronización y 3.14 de índice de incertidumbre, los dos primeros presentes en el tratamiento sometido a 10.5 días de acondicionamiento y los dos últimos pertenecientes a los tratamientos sometidos a 14 días de acondicionamiento (Cuadro 8).

En general, a excepción del nitrato de calcio a 100 mM, ninguno de los tratamientos que involucraban a las sales lograron superar los valores de germinabilidad alcanzados en la etapa de selección de la fase I, donde el fosfato monosódico a concentraciones de 100 mM

llegó hasta 70.00%, el sulfato de potasio dibásico de 100 mM a 69.00% y sulfato de potasio dibásico a concentraciones de 200 mM a 45.00% (Cuadro 7). Equivalentemente, en todos los tratamientos empleados en la etapa de selección de la fase I los tiempos medios de germinación, índices sincronización e incertidumbre fueron superiores a los tratamientos evaluados en esta fase.

Esta diferencia pudo haber sido causada por la diferencia en la cantidad de humedad presente en las semillas al momento de utilizarlas en cada fase, ya que las semillas empleadas para la fase I provenían de la primera extracción y las empleadas en la fase II de la segunda extracción, por lo que se expusieron a diferentes temperaturas ambiente al momento de su secado. Así, las temperaturas ambiente promedio registradas durante el secado de las semillas de la primera extracción oscilaron entre 23.00 y 25.50°C (Anexo 20) y de la segunda entre 17.12 y 19.41°C (Anexo 21), determinando la cantidad de humedad en las semillas a 7.13% y 11.13% (Anexo 22), respectivamente. Bewley y Black (1994) plantearon que existe una estrecha relación entre el contenido de humedad y la temperatura de almacenamiento con la viabilidad seminal. En otro sentido, Smith *et al.* (1998) plantean que el polimorfismo seminal no sólo se llega a expresar a nivel superficial, sino también internamente, con lo que la intensidad de la dormancia puede variar inclusive hasta en semillas dentro de un mismo fruto.

En la misma línea, al comparar el testigo de la etapa de preselección de la fase I con el testigo de la fase II (H<sub>2</sub>O por 0 días de acondicionamiento) se observó una germinabilidad del 73.00%, un tiempo medio de germinación de 16.89 días, sincronización de 0.05 e incertidumbre de 3.85 (Cuadro 6) contra los 52.00% de germinabilidad y 24.73 días de tiempo medio de germinación, aunque cabe resaltar que en la fase II se tiene una mejor sincronización de la germinación (0.19 y 2.59 como índice de sincronización e incertidumbre, respectivamente). Todo esto con temperaturas de germinación comprendidas entre 23 y 28°C para la etapa de preselección (Figura 12) y 20 y 23°C para la fase II (Figura 17).

Este fenómeno fue descrito en el cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* fo. *edulis*), granadilla (*Passiflora ligularis*) y maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* fo. *flavicarpa* O. Deg.) por Posada *et al.* (2014), en donde se obtuvo 98.60, 91.40 y 100.00% de germinabilidad con contenidos de humedad en las semillas de cada cultivo de 6.0, 6.0 y 12.0%, respectivamente,

pero 77.10, 79.50 y 81.20% de germinabilidad con contenidos de humedad de 12.0, 12.0 y 6.0% para cada uno respectivamente. Esta diferencia en la respuesta de las semillas ante la variación de su humedad permitió a Ospina *et al.* (2000) establecer a las semillas del maracuyá amarillo como ligeramente ortodoxas y a las de granadilla definir las con un comportamiento más ortodoxo dentro del género *Passiflora*.

Adicionalmente, las temperaturas a las cuales se acondicionaron las semillas en la fase II estuvieron comprendidas en los primeros dos tercios del tiempo entre 20.00 y 22.00°C, aumentando progresivamente hasta llegar a 25.00°C al final del acondicionamiento (Anexo 19). En cambio, en la etapa de preselección, los primeros dos tercios del tiempo registraron temperaturas comprendidas entre 25.00 y 28.00°C y el tiempo restante disminuyó hasta los 23.40°C. Esta condición ocasionó una variación en el potencial osmótico en la fase II al presentar temperaturas inferiores a las registradas en la etapa de preselección. Así, en el Cuadro 9 se pueden observar los diferentes potenciales osmóticos para cada temperatura, determinados mediante la ecuación de Van't Hoff.

$$\Psi_s = -RTCi \quad \text{Siendo } i = 1 + \alpha(q - 1)$$

Donde  $R$  es la constante de los gases (0.0083L/atm/mol/K),  $T$  es la temperatura absoluta en Kelvin,  $C$  es la concentración del soluto (mol/L),  $i$  la constante de disociación de las sales,  $\alpha$  el grado de disociación y  $q$  es el número de iones formado en la ionización de una molécula.

Se aprecia que conforme la temperatura aumenta el potencial osmótico se hace más negativo, generando una variación en el ingreso controlado del agua, limitándolo aún más y afectando el proceso germinativo. Es así que, las altas temperaturas presentadas en la etapa de preselección establecieron un menor potencial al momento de acondicionar las semillas que el establecido en la fase II al momento de acondicionar las semillas en las soluciones salinas seleccionadas, por más que ambas presentaban la misma concentración molar.

**Cuadro 9.** *Potencial osmótico (MPa) a diferentes temperaturas*

Sal	Temperatura (°C)			
	16.00	20.00	24.00	28.00
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	-0.672	-0.681	-0.691	-0.700
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	-0.672	-0.681	-0.691	-0.700
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	-1.344	-1.363	-1.381	-1.400
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	-0.456	-0.462	-0.469	-0.475

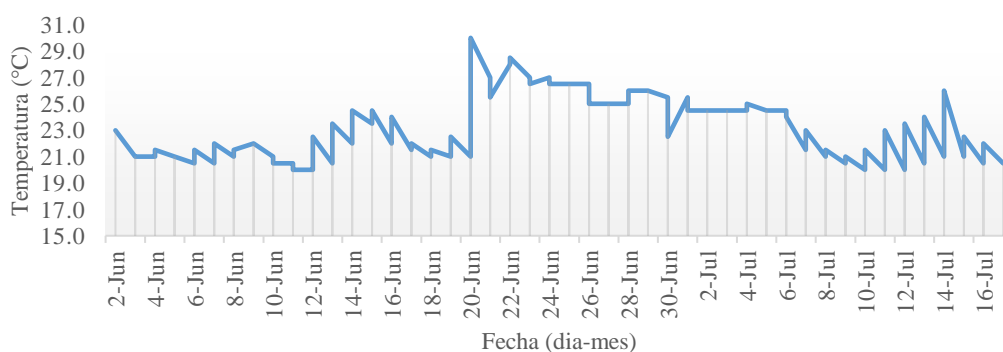
#### 4.6. APLICACIÓN DE OTROS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

**Cuadro 10.** Valores promedio de los índices de germinación en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte

Tratamiento	Índices de germinación				
	GRP	MGT	GSP	SYN	UNC
AG <sub>3</sub> [100ppm]	63.00 bc	37.33 a	2.68 c	0.11 a	3.29 c
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	80.50 ab	26.36 b	3.81 b	0.05 a	3.96 ab
AG <sub>3</sub> [50ppm]	73.50 abc	36.83 a	2.72 c	0.10 a	3.41 bc
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	80.50 ab	24.86 b	4.03 b	0.04 a	4.13 a
Escarificación_basal	88.00 a	21.18 c	4.75 a	0.04 a	4.15 a
Imbibición	57.00 c	37.35 a	2.68 c	0.12 a	3.13 c
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	62.00 c	37.63 a	2.66 c	0.09 a	3.33 bc
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	69.00 bc	36.58 a	2.74 c	0.11 a	3.36 bc
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	72.50 abc	35.42 a	2.83 c	0.07 a	3.70 abc
Testigo	70.50 abc	36.57 a	2.74 c	0.08 a	3.58 abc

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

Las semillas empezaron a germinar al noveno día después de la siembra (Anexo 31) y su evaluación comprendió 45 días. Durante todo ese lapso la temperatura osciló entre los 20.00 y 30.00°C (Figura 19).

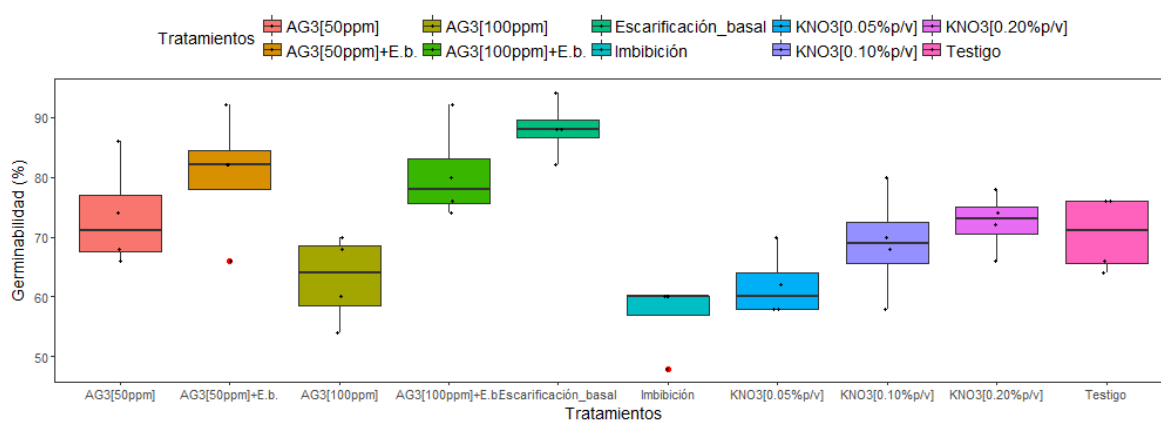


**Figura 19.** Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los otros tratamientos pregerminativos

En general, los tratamientos de escarificación mecánica basal y su combinación con ácido giberélico, sea a 50 o 100 ppm, obtuvieron los mejores índices de germinabilidad (Figura 20); así como también los mejores índices de tiempo medio de germinación (Figura 21), índices de sincronización (Figura 22) y de incertidumbre (Figura 23). Superando significativamente al testigo en los dos primeros casos pero presentando mayores picos de germinación (UNC de 3.96 para el menor) frente a un UNC de 3.58 (Cuadro 10).

El tratamiento de escarificación mecánica basal obtuvo la mejor germinabilidad con 88.00%, diferenciándose significativamente del resto de tratamientos (Cuadro 10), superando ligeramente a la germinación potencial de 85.00% presentada en la segunda prueba de viabilidad (Figura 8). En cuanto al tiempo medio y velocidad de germinación, sus valores también sobresalieron con 21.18 días y 4.75%: sin embargo, expresó los mayores picos de germinación (4.15 como índice de incertidumbre) y su sincronización no se diferenció significativamente del resto de tratamientos.

Por otro lado, con 88.00% de germinabilidad supera ampliamente al mejor valor obtenido en la fase II de la primera parte (70.00%, Cuadro 8); no obstante, en dicha fase, el tratamiento H<sub>2</sub>Od sometida a siete días de imbibición expresa mejores índices de MGT, GSP, SYN y UNC que este. Así, el tratamiento con escarificación mecánica basal presenta 21.18 días como tiempo medio de germinación, 4.75% de velocidad de germinación, 0.04 como índice de sincronización y 4.15 de índice de incertidumbre (Cuadro 10), los cuales son superados por los 19.64 días, 5.11%, 0.10 y 3.27 índices de germinación (Cuadro 8), respectivamente, presentados por el tratamiento H<sub>2</sub>Od sometida a siete días de imbibición en la fase II de la primera parte.



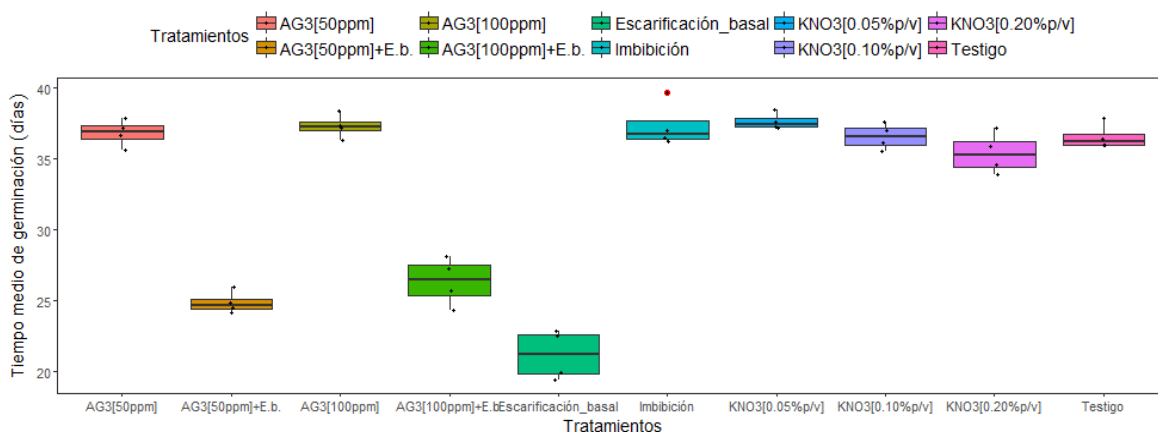
**Figura 20.** Diagrama de cajas de la germinabilidad (%) en la segunda parte

Esa situación de mayor germinabilidad para el tratamiento de escarificación basal está relacionada al mayor tiempo de evaluación (45 días) al cual fueron sometidos todos los tratamientos comprendidos en la segunda parte del ensayo, que superó en 15 días al tiempo de evaluación de los tratamientos de la fase II de la primera parte. A esto, se agrega la amplitud en las temperaturas presentadas durante un parte en la germinación de las semillas que comprendió de 20.0 a 30.0°C (Figura 19), las cuales fueron mucho mayores que las

registradas durante la germinación de las semillas del tratamiento H<sub>2</sub>O<sub>d</sub> sometida a siete días de imbibición en la fase II de la primera parte que comprendieron de 20.0 a 23.0°C (Figura 17). Ello implica para muchos autores un favorecimiento de la germinación, puesto que esta alternancia simula condiciones naturales en donde se presentan temperaturas diurnas y nocturnas variables y en algunos casos acabando con la dormancia que las semillas puedan presentar, aunque aquellas hipótesis aún no son satisfactorias (Cárdenas, 2011; Carvalho y Nakagawa, 2000; Bewley y Black, 1983). Por otro lado, el contenido inicial de humedad fue el mismo, pues las semillas utilizadas en ambos casos provenían de la segunda extracción.

Todo ello se apoya al analizar los índices de germinación y otros factores que pudieran afectar a los testigos en ambos casos. De esa forma, aquellas semillas utilizadas como testigo en la segunda parte y fase II de la primera parte contenían en promedio una humedad de 11.00 y 11.13% (Anexo 22), respectivamente y fueron sometidas a las temperaturas ya mencionadas en cada situación. Así, para el primer caso, se presentó 70.50% de germinabilidad y en el segundo 52.50%, pese a ello, los mejores índices de germinación corresponden a los presentados por el testigo de la fase II (Cuadro 8).

En el caso de los tratamientos con ácido giberélico que involucraron la escarificación mecánica basal, estos no llegaron a diferenciarse significativamente en la germinabilidad (80.50% ambos), tiempo medio de germinación (24.86 y 26.36 días), velocidad de germinación (4.03 y 3.81%) y sincronización de germinación (0.04 y 0.05) pero si cierta variación en su incertidumbre, al expresarse menos picos de germinación (3.96) en el tratamiento que incluía el ácido giberélico a 100 ppm y mayores (4.13) en el tratamiento de escarificación mecánica con AG<sub>3</sub> a 50 ppm (Cuadro 10).



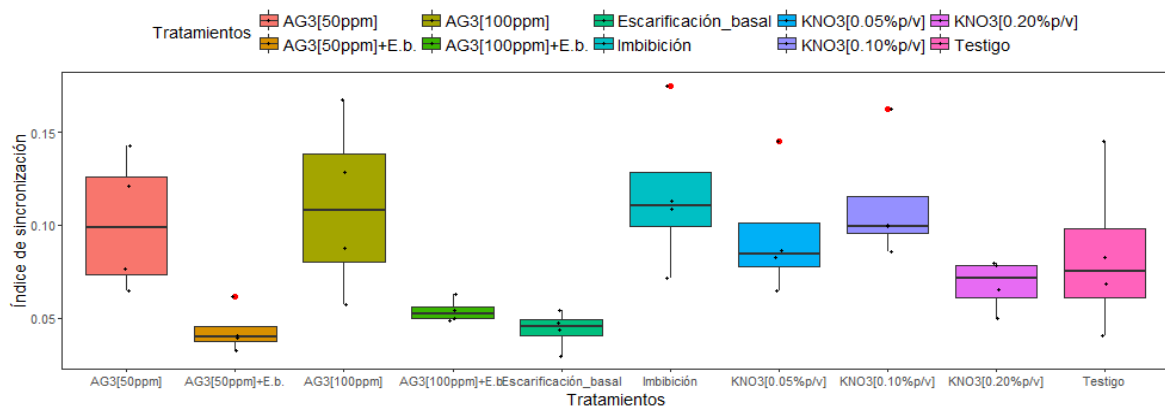
**Figura 21.** Diagrama de cajas del tiempo medio de germinación (días) en la segunda parte

Si bien los tratamientos que sólo implicaban ácido giberélico a 50 y 100 ppm llegaron a 73.50 y 63.00% de germinabilidad, respectivamente y a expresar valores de tiempo medio y velocidad de germinación inferiores, los valores de sincronización llegaron a duplicar a los presentados por los tratamientos que incluían la escarificación mecánica basal, aunque esa diferencia no resultó significativa, además, al igual que en los tratamientos que incluían a la escarificación mecánica basal, la concentración más alta de AG<sub>3</sub> obtuvo menores picos de germinación (3.29 de índice de incertidumbre) que la concentración a 50 ppm (3.41 de UNC), expresando así una mejor homogeneidad (Cuadro 10). Esta situación se puede explicar debido a la barrera física que el tegumento representa para el ingreso de este compuesto, el cual es superado al escarificar mecánicamente las semillas; sin embargo, las fallas en la ejecución de la escarificación pueden conllevar a un aumento en la cantidad de picos de germinación al lastimar parte de la radícula o al no lograr eliminar adecuadamente las capas del tegumento por limitantes morfológicas. Cabe resaltar que las altas temperaturas afectan la concentración interna del ácido giberélico y la sensibilidad de los tejidos seminales al AG<sub>3</sub> (Yamaguchi *et al.*, 2014). Evaluaciones realizadas en granadilla por Cárdenas (2011) indican una mejor respuesta por parte de la escarificación mecánica basal que del AG<sub>3</sub> bajo condiciones de oscuridad y luz por 12 horas a temperaturas de 25°C; sin embargo, esa respuesta se asemeja ante condiciones de oscuridad permanente y temperaturas alternas de 30 y 20°C, siendo superior el efecto de la escarificación basal ante condiciones de luz por 12 horas y la misma alternancia de temperatura. Por otro lado, Carranza *et al.* (2016) observó en semillas de tumbo costeño (*P. quadrangularis* L.) el mayor valor de germinabilidad (54.50%) dentro de sus tratamientos con ácido giberélico en la concentración correspondiente a 1200 ppm.

Respecto al nitrato de potasio, sólo la concentración más alta (0.20%) presenta la mayor germinabilidad con 72.50%, diferenciándose significativamente del 69.00 y 62.00% presentados en la concentración a 0.10 y 0.05%, respectivamente. Cárdenas (2011) registró valores más altos de germinabilidad con las mismas concentraciones empleadas, pero en el cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss), llegando a obtener 92.33, 83.33 y 65.35% en promedio para las concentraciones de 0.1, 0.2 y 0.0%, respectivamente, aunque Escobar (2011) obtuvo en el mismo cultivo 16.00, 11.50 y 14.00% de germinabilidad con concentraciones de 2.0, 1.0 y 0.0%. Por otro lado, Carranza *et al.* (2016) lograron valores promedio de germinabilidad en el cultivo de tumbo costeño (*Passiflora quadrangularis* L.) de 59.00, 46.50, 50.00 y 39.33% a concentraciones de 0.4, 0.6, 0.8 y 0.0%.



Todo ello indica que a bajas concentraciones, el nitrato de potasio tiene un efecto positivo sobre la germinabilidad al compararlos con sus respectivos testigos; sin embargo, como ya se señaló, bajo las condiciones del experimento, la concentración de 0.20% expresó el valor más alto de germinabilidad y sólo este logro superar al valor presentado por el testigo que alcanzó 70.50% aunque entre ellos no existió diferencia significativa (Cuadro 10).



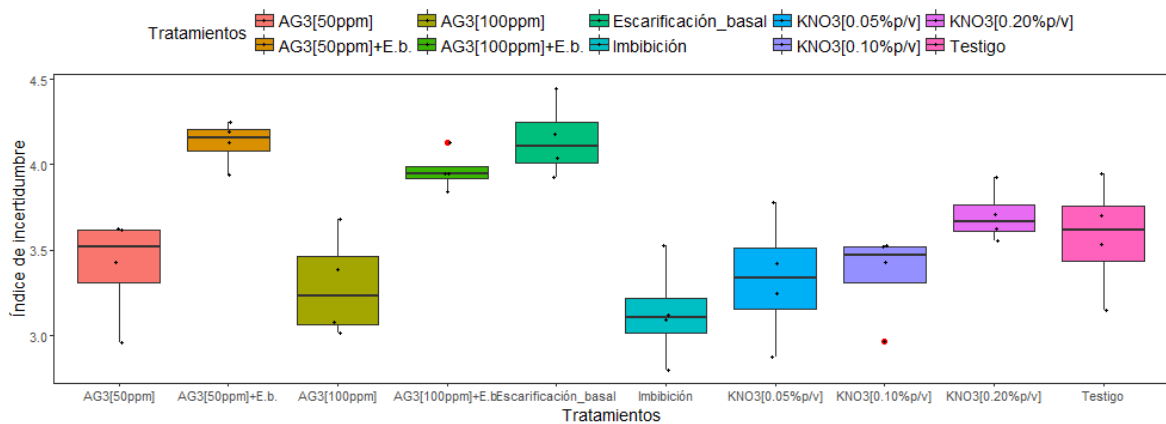
**Figura 22:** Diagrama de cajas del índice de sincronización en la segunda parte

En cuanto al tiempo medio, velocidad y sincronización de la germinación no se da tal diferencia estadística, más si diferentes valores, al observar la incertidumbre, pues las dos menores concentraciones presentan similares picos de germinación (3.33 y 3.36 de UNC) pero con una diferencia significativa de la concentración más alta que presenta un valor de 3.70 (Cuadro 10).

En el caso del tratamiento que implicó la imbibición en agua destilada por 48 horas, se observó una germinabilidad de 57.00%, la más baja de todos los tratamientos evaluados en esta parte. Escobar (2011) describió una tendencia similar, pero en granadilla (*P. ligularis* Juss) en donde el tratamiento de acondicionamiento hídrico consiguió una germinabilidad promedio de 4.50%, siendo menor que su testigo (14.50%). Sin embargo, Wagner *et al.* (2005) describieron para maracuyá amarillo, valores de germinabilidad de 50.54, 35.52 y 34.73 % con 24.0, 12.0 y 0.0 horas de imbibición, presentando de esa manera un efecto positivo de la imbibición hacia la germinabilidad de las semillas. Asimismo, Copete (2011) obtuvo valores de germinabilidad de hasta 50.00% en gulupa (*P. edulis* fo. *edulis*) en comparación con el testigo que solo llegó hasta 8.00%. Según Rego *et al.* (1985), los acondicionamientos hídricos en *Passiflora* sp. no conllevan a una elevación significativa de

la germinabilidad, con excepción de las semillas del tumbo serrano, en donde justamente se recomienda un periodo de imbibición de 48 horas previo a la siembra. Así, al parecer, el éxito del acondicionamiento hídrico también depende de las características tisulares del tegumento de cada especie de pasiflora.

Respecto al resto de índices de germinación, el tratamiento de imbibición expresó uno de los más altos valores de MGT (37.35 días) y los más bajos valores de GSP (2.68%), empero, su SYN (0.12) triplicó al valor presentado por el tratamiento con la más alta germinabilidad, aunque estadísticamente no se diferenció del resto. Por otro lado, registró el menor valor de picos de germinación de todos los tratamientos con 3.13 de UNC (Cuadro 10). Esta mayor sincronización y homogeneidad que el testigo no se contempla en los tratamientos sometidos a tiempos de acondicionamiento hídrico en la fase II, donde con 14, 10.5, 7 y 3.5 días de inmersión se observan valores de 3.44, 3.60, 3.27 y 2.94 como índices de incertidumbre y 0.10, 0.08, 0.10 y 0.14 como índices de sincronización frente a mejores valores del testigo de 2.59 y 0.19 como índices de incertidumbre y sincronización, respectivamente (Cuadro 8).



**Figura 23.** Diagrama de cajas del índice de incertidumbre en la segunda parte

## V. CONCLUSIONES

Los agentes osmoacondicionantes empleados no tuvieron un efecto positivo sobre el número de semillas germinadas, tiempo de germinación y picos de germinación siendo ampliamente superados por los tratamientos que comprendieron un acondicionamiento hídrico considerando que periodos prolongados de inmersión afectan negativamente sus índices de germinación.

La escarificación mecánica basal permite reducir significativamente el tiempo en que las semillas logran germinar aumentando, a la vez, el número de semillas germinadas, aunque su combinación con el ácido giberélico logra disminuir significativamente los picos de germinación al mejorar su índice de incertidumbre.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Para evitar que el factor temperatura y humedad relativa influyan en las variables respuestas se recomendaría emplear para posteriores ensayos el uso de una germinadora calibrada a 25°C y humedad relativa entre 80 y 90 por ciento.

Ante el efecto que puede llegar a tener la humedad inicial de las semillas se recomendaría utilizar semillas que se hayan obtenido en una misma fecha y podido pasar por un mismo proceso de secado, de preferencia en una estufa de ventilación forzada a razón de 30°C por siete días para obtener humedades cercadas al siete por ciento.

Procesos de inmersión en soluciones osmóticas o acondicionamiento hídrico deberían realizarse bajo una sola temperatura para evitar cambios en el potencial osmótico o en la fluidez del agua que puedan influir en la imbibición de las semillas.

Protocolos destinados a la evaluación de pruebas de viabilidad por el método del tetrazolio no están estandarizadas para semillas de pasifloras, por lo que se recomendaría su establecimiento para homogeneizar su interpretación.

Como se ha evaluado, los índices de germinación empleados para la interpretación del comportamiento germinativo de semillas de tumbo serrano permiten destacar ciertas conductas germinativas de una manera más profunda, por lo que su uso se podría extender a otros tipos de ensayos relacionados.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abu-Qaoud, H. 2007. Effect of scarification, gibberellic acid and scarification on seed germination of three *Pistacia* species. *An-Njah Univ. J. Res. (N.Sc.)* 21: 1-11.

Association of Official Seed Analysts (AOSA). 2010. *Tetrazolium Testing Handbook*. 25 p.

Arévalo, J. P. 1998. Tratamientos para mejorar la germinación de semillas de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) y algarrobo (*Prosopis* spp.) Proyecto para grado académico. Universidad Zamorano. Honduras. 32 p.

Azcón-Bieto, J y Talón M. 2000. *Fisiología y bioquímica vegetal*. ED., McGraw Hill/Interamericana, Barcelona, España. 123 p.

Baskín, C. y Baskín, J. 1998. *Seeds. Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. San Diego. Academic Press. 666 p.

Bewley J. D. y Black M. 1983. *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination*. Vol. I: development, germination and growth. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, New York. 375 p.

Bewley J. D. y Black M. 1994. *Seeds. Physiology of development and germination*. Plenum Press, New York. 445 p.

Bradford, Kent J. 1990. A water relations analysis of seed germination rates. *Plant Physiol.* 94, 840-849

Bradford, Kent J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, 50: 248-260.

Cárdenas H., J. F. 2011. Morfología y tratamientos pregerminativos de semillas de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). Tesis. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Escuela de Posgrados. Bogotá – Colombia. 75 p.

Carranza, C.; Castellanos, G; Deaza, D. y Miranda, D. 2016. Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la germinación de semillas de badea (*Passiflora quadrangularis* L.) en condiciones de invernadero. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol. 10 N°2: 284-291.

Carvalho, N. M. de y Nakagawa, J. 2000. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 3ª ed., Jaboticabal: FUNEP. 588 p.

Copete P., A. 2011. Efecto de acondicionamientos sobre la calidad fisiológica de semillas y plántulas de *Passiflora edulis*. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana. 45 p.

Coppens d'Eeckenbrugge, G. y Libreros F., D. 2000. Fruits from America. En: [http://ciatweb.ciat.cgiar.org/ipgri/fruits\\_from\\_americas/frutales/family.htm](http://ciatweb.ciat.cgiar.org/ipgri/fruits_from_americas/frutales/family.htm). Consulta: junio 2017

Coppens d'Eeckenbrugge, G. 2003. Promesas de las Pasifloras. Memorias del X Seminario Nacional y IV Internacional sobre especies promisorias. Medellín, Colombia. 32 p.

Davies, P. 2004. Plants hormones. ED. Kluwer Academic Publishers, New York. 717 p.

Deginani, Norma B. 2001. Las especies argentinas del género *Passiflora* (Passifloraceae). Instituto de Botánica Darwinion. Buenos Aires, Argentina. Darwiniana, vol. 39, núm. 1-2: 43-129

Delanoy, M., P. Van Damme, X. Scheldeman y J. Beltran. 2006. Germination of *Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey, *Passiflora tricuspis* Mast. and *Passiflora* sp. seeds. Sci. Hortic. 110(2): 198-203

Echevarría T., M. A. 1997. Determinación del inicio de la capacidad germinativa y tratamientos más adecuados para la germinación de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Deg.). Tesis de grado. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Departamento de Horticultura. Zamorano – Honduras. 30p.

Ellis R. H., Hong T. D. and Roberts E. H. 1985. Handbook of seed technology for genebanks. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). Volume I. Principles and methodology. Rome, Italy. 163 p.

Escobar C., Y. N. 2011. Efecto del acondicionamiento hídrico y osmótico sobre la calidad de semillas y plántulas de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Bogotá D.C. 41p.

Ferreira, G.; Fogaça, L. A. y Moro, E. 2001. Germinação de sementes de *Passiflora alata* Dryander (maracujá-doce) submetidas a diferentes tempos de embebição e concentrações de ácido giberélico. Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal – SP. 23(1): 160-163.

Figuerola, J. A. y Jaksic, F. M. 2004. Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. Revista Chilena de Historia Natural. Vol. 77: 201-215.

França Neto, J. de B., Krzyzanowski, F. C., y Costa, N. P. da. 1998. El test de tetrazolio en semillas de soja. Londrina : EMBRAPA-CNPSo. Documento 117. 72 p.

Guerrero V, R. 2015. Niveles de dormancia en semillas de chile silvestre de diferentes ecorregiones y desarrollo de protocolos para la germinación y regeneración de accesiones. Tesis de Grado. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 127p.

Gray H. R., Rowse R. y Drew R. L. K. 1990. A comparison of two large-scale seed priming techniques. Ann. Applied Biol. 116:611-624

Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Davies, F T. y Geneve, R. L. 2013. Plant Propagation: Principles and Practices. Pearson New International Edition. 840 p.

Hegarty T. W. 1978. The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and the control of germination: a review. *Plant, Cell Env.* 1: 101-119

Henckel, P. A. 1982. Fisiología de la resistencia de las plantas al calor y a la sequía. Nauka, Moscú. 280 p.

Humblebaek, D. 1995. Tres métodos de escarificación mecánica de semillas de testa dura (Karen M. Poulsen y Finn Stubsgaard, trad). Danida Forest Seed Centre. Nota Técnica N°27. 15p.

ISTA. 1999. International Rules for Seed Testing Rules. *Seed Science & Technology*. No. Suppl. 333 p.

ISTA. 2007. Chapter 6: Tetrazolium test. In: International Rules for Seed testing. *Seed Science and Technology*. pp 6-10.

Kempt, R. H. 1975. Seed collection: temporary storage and transport, documentation, training, safety and supervision. Reportado en FAO/DANIDA. Guía para la manipulación de semillas forestales. Vol. II. FAO, Roma. 510 p.

Khan A. A., Peck N. H., Talor A. G. y Samimy C. 1983. Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. *Agro. J.* 75: 788-794.

Khan A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Hort. Rev.* 14:131-181.

Kloos, A. y Bouman, F. 1980. Case studies in aril development: *Passiflora suberosa* L. and *Turnera ulmifolia* L. *Beitr. Biol. Pflanzen* 55: 49-66.

Kuhne, F. A. 1968. Cultivation of granadillas. *Farming in South Africa*, Pretoria. 43 (11):29-32.

Labouriau, L. G. 1983. A germinação das sementes. Washington: Secretaria-Geral da Organização dos Estados Americanos. 174p.



Loewus, F.A., y P.P.N. Murthy. 2000. Myo -inositol metabolism in plants. Plant Science. Vol. 150: 1- 19.

Lozano Isla, F., Benites Alfaro, O., & Pompelli, M. F. (2017). GerminaR: Germination indexes for seed germination variables for ecophysiological studies. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=GerminaR>.

Mabundza, R.M., P.K. Wahome y M.T. Masarirambi, 2010. Effects of different pre-germination treatment methods on the germination of passion (*Passiflora edulis*) seeds. J. Agric. Soc. Sci. 6: 57–60

Mc Donald M.B. 2000. Seed priming. En: Seed technology and its biological basic. Ed. by M. Black and J.D. Bewley. Sheffield, Academic Press. Boca Raón, FL, USA. pp 286-325.

Mérola, R y Díaz, S. 2012. Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. Trabajo de grado. Universidad de la Empresa. Montevideo-Uruguay. 35 p.

Ministerio de agricultura y riego (MINAGRI). 2015 a. Anuario estadístico de la producción agrícola y ganadera. Dirección de estadística agraria. 301 p.

Ministerio de agricultura y riego (MINAGRI). 2015 b. Anuario estadístico de comercio exterior agrario. Dirección de estadística agraria. 61 p.

Miransari, M. y Smith, D. L. 2014. Plant hormones and seed germination. Environmental and Experimental Botany 99(2014): 110-121.

Moore, R.P. 1973. Tetrazolium staining for assessing seed quality. In: Heydecker, W. ed. Seed ecology. London: Butterworth. pp.347-366.

Mora A., R.; Quintero de la C., J. A.; Martínez S., J.y Rodríguez P., J. E. 2006. Pruebas de calidad fisiológica de semilla de cebolla y su relación con el establecimiento en almácigo. En LII Reunión Anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Mayagüez, Puerto Rico. pp. 77-78.

Morley-Bunker, M. J. S. 1980. Seed coat dormancy in *Passiflora* species. Annual Journal. 8: 72-84.

Ocampo, J. 2007. Study of the diversity of genus *Passiflora* L. (Passifloraceae) and its distribution in Colombia. Tesis Dr. Cs. Agron. Ecole Nationale Supérieure Agronomique De Montpellier. pp 148-192.

Orta, R.; Sánchez, J. A. y Calvo, E. 1993. Imbibición en agua vs. soluciones poliméricas en los tratamientos basados en la hidratación-deshidratación de semillas. En: Resúmenes de IV Simposio de Botánica. Editora Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba. 319 p.

Ospina, J.A., C.L. Guevara, L.E. Caicedo y V. Barney. 2000. Effects of moisture content on *Passiflora* seed viability after immersion in liquid nitrogen. JIRCAS International Agriculture Series 8.

Pérez G., F y Pita V, J. M. 2001. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Hojas Divulgadoras Núm. 2112 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 15 p.

Pérez C., S.; Escala, M y Tillett, S. 2005. Anatomía de la cubierta seminal en ocho especies de *Passiflora* L. subgénero *Passiflora*. Caracas, Venezuela. Acta Botánica Venezuelica. 28(2): 337-348.

Posada, P., Ocampo, J., y Santos, L. G. 2014. Estudio del comportamiento fisiológico de la semilla de tres especies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae) como una contribución para la conservación *ex situ*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol 8(1): 9–19.

Ramírez, C.; Hilhorst, H. y E, Hodson. 2008. Viability and seed germination of *Passiflora mollissima* (H.B.K) Bailey according to provenance and fruit ripening stage. Memorias Red Alfa Lagrotech. Comunidad Europea. Cartagena. pp. 145-190.

Ranal, M. A. y de Santana, D. G. 2006. How and why to measure the germination process?. Revista Brasileira de Botânica, 29(1): 1-11. Doi: 10.1590/S0100-84042006000100002.

Rego, M. M., Rego, E. R., Nattrodt, L. P. U., Barroso, P. A., Finger, F. L. y Otoni, W. C. 2014. Evaluation of different methods to overcome in vitro seed dormancy from yellow passion fruit. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 13(36): 3657-3665

Ruiz, M. de los A. 2009. El análisis de tetrazolio en el control de calidad de semillas. Caso de estudio, cebadilla chaqueña. EEA INTA Anguil. Publicación Técnica N°77. 20 p.

Sánchez, J. A.; Orta, R. y Muñoz, B. C. 2001. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Revista Agronomía Costarricense*. 25(1): 67-92.

Santos, B.; Almaguer, G. y Barrientos, A. F. 1994. Tratamientos en semillas y evaluación del crecimiento en plántulas de granada china (*Passiflora ligularis* Juss). *Revista Chapingo. México Serie Horticultura* 2: 157-160.

Silveira, S. R.; Dornelas, M. C. y Martinelli, A. P. 2016. Perspectives for a framework to understand aril initiation and development. *Front. Plant. Sci.* 7:1919. DOI: 10.3389/fpls.2016.01919

Siobhan, M. B. y McCourt, P. 2003. Hormone cross-talk in seed dormancy. *J. Plant Growth Regul.* 22: 25-31.

Smith, M. T.; Wang, B. S. P. y Msanga, H. P. 1998. Manual de semillas de árboles tropicales. Dormancia y germinación. pp. 157-182. En: <https://rngr.net/publications/manual-de-semillas-de-arboles...i/dormancia.../file>. Consulta: junio 2017.

Solomon, E.; Berg, K. y Martín, D. 2001. *Biología*. Quinta edición. McGraw-Hill Interamericana. México. 1237 p.

Sponsel, V. M. y Hedden, P. 2004. Gibberellin biosynthesis and inactivation. En: *Plant hormones, biosynthesis, signal transduction, action*. Kluwer Academic Publishers. Ithaca, New York, U.S.A. pp 63-94.

Suárez, D. y Melgarejo, L. M. 2010. Biología y germinación de semillas. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. pp 13-24.

Taiz, L. y Zeiger, E. 2006. Plant physiology. 4th Ed., Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA. 876 p.

Tillet, S. S. 1988. Passionis Passifloris II. Terminología. Ernstia 48: 1-40.

Varela, S. A. y Arana, V. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie Técnica: "Sistemas Forestales Integrados". Sección: Silvicultura en vivero. Cuadernillo N°3. INTA EEA Bariloche-Argentina. 10 p.

Velásquez, J. D., Melgarejo, L. M. y Magnitskiy, S. (Sin fecha). Ecofisiología del cultivo de la Gulupa (*Passiflora edulis* Sims): Tratamientos pregerminativos en semillas de gulupa *Passiflora edulis* Sims. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. pp. 81-89.

Villela, F. A. 1998. Water relations in seed biology. Scientia Agricola. Piracicaba, N° 55: 98-101

Wagner, J.A., R.S. Alexandre, J.R. da S. Negreiros, A. Parizzotto, y C.H. Bruckner. 2005. Influência da escarificação e do tempo de embebição de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). Revista Ceres. 52(301): 369-378.

Wang, A., Wang, X., Ren, Y., Gong, X. y Bewley, J.D. 2005. Endo- $\beta$ -mannanase and  $\beta$ -mannosidase activities in rice grains during and following germination, and the influence of gibberellin and abscisic acid, Seed Science Research. 15(3): 219–227.

Yamaguchi, S., M. Ogawa, A. Kuwahara, A. Hanada, Y. Kanaiya y S. Yamauchi. 2004. Activation of gibberellin biosynthesis and response pathways by low temperatura during imbibition of *Arabidopsis thaliana* sedes. The Plant Cell. 16: 367-378.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1.** *Dimensiones seminales(mm)  
de tumbo serrano*

<b>Semilla</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Grosor</b>
1	6.05	4.22	2.22
2	5.90	3.97	2.34
3	5.91	4.02	2.46
4	6.03	3.72	2.61
5	6.43	4.08	2.48
6	6.21	3.99	1.58
7	6.13	3.74	2.26
8	6.11	3.96	2.52
9	6.05	3.96	2.30
10	6.43	4.06	2.57
11	5.85	3.86	2.47
12	5.73	4.02	2.07
13	5.89	3.87	2.33
14	5.32	4.11	2.08
15	5.71	3.84	2.62
16	6.25	3.82	2.90
17	5.11	4.18	2.15
18	6.25	4.22	2.70
19	5.84	3.88	2.64
20	6.25	3.97	2.54
21	5.90	3.88	2.51
22	5.54	3.59	2.12
23	6.15	4.23	2.45
24	6.47	3.88	2.35
25	5.64	3.66	2.11
26	5.84	4.05	2.66
27	5.55	3.68	2.28
28	6.28	3.85	2.25
29	6.24	4.23	2.68
30	6.38	3.73	2.37
<b>Promedio</b>	<b>5.98</b>	<b>3.94</b>	<b>2.39</b>
<b>Desv. estándar</b>	<b>0.3332</b>	<b>0.1792</b>	<b>0.2589</b>
<b>CV (%)</b>	<b>5.57</b>	<b>4.54</b>	<b>10.84</b>

**Anexo 2.** *Características de los productos empleados en el experimento*

<b>Nombre</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Peso molecular</b>	<b>Fabricante</b>
Nitrato de calcio	-	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236.20	Sigma Chemical Co.
Fosfato de potasio dibásico	-	$\text{K}_2\text{HPO}_4$	174.18	Science
Sulfato de potasio	-	$\text{K}_2\text{SO}_4$	174.25	Central Drug House Ltd.
Cloruro de sodio	-	$\text{NaCl}$	58.44	Central Drug House Ltd.
Fosfato de monosódico	-	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$	120.00	Sigma Chemical Co.
Nitrato de potasio	-	$\text{KNO}_3$	101.10	Central Drug House Ltd.
Ácido giberélico	ProGibb® Plus SP	$\text{C}_{19}\text{H}_{22}\text{O}_6$	-	Valent BioSciences Corporation

**Anexo 3. Características internas y externas de frutos de tumbo serrano al momento de la primera extracción de semillas**

Grupo	Fruto	Peso	Color	Diámetro		Esfericidad	Sólidos Solubles*	Porcentaje Acidez**	Cantidad Semillas
				Ecuatorial	Polar				
1	1	100.25	5.0Y 8/8	39.36	112.42	0.35	12.52	0.691	734
	2	100.95		41.08	110.43	0.37			
	3	96.40		39.24	107.09	0.37			
	4	96.80		40.04	115.68	0.35			
2	5	100.61	2.5Y 8/8	41.78	109.28	0.38	10.67	0.832	758
	6	105.18		41.14	107.00	0.38			
	7	105.98		42.01	113.69	0.37			
	8	113.83		40.17	109.81	0.37			
3	9	97.59	2.5 8/10	40.57	108.57	0.37	10.92	0.864	773
	10	108.46		43.33	119.57	0.36			
	11	105.08		39.96	105.80	0.38			
	12	103.00		41.92	108.78	0.39			
4	13	99.64	2.5 8/10	39.19	99.11	0.40	11.22	0.896	743
	14	98.14		40.54	103.31	0.39			
	15	92.63		39.22	101.49	0.39			
	16	91.38		39.61	106.86	0.37			
5	17	103.33	5.0Y 8/8	41.39	104.71	0.40	10.17	0.832	762
	18	112.17		43.31	115.03	0.38			
	19	88.92		39.61	97.49	0.41			
	20	103.19		40.63	105.78	0.38			
6	21	106.95	5.0Y 8/8	41.76	118.86	0.35	10.97	1.024	778
	22	98.23		39.71	109.43	0.36			
	23	106.44		41.56	116.76	0.36			
	24	106.38		41.64	113.92	0.37			
7	25	109.08	5.0Y 8/8	43.20	119.18	0.36	11.57	1.024	781
	26	100.20		40.62	115.12	0.35			
	27	97.81		39.87	103.28	0.39			
	28	109.15		42.43	110.05	0.39			
<b>Promedio</b>									
	102.06			40.89	109.59	0.37	11.15	0.88	190.32
<b>DesvEstand</b>									
	6.09			1.27	5.92	0.02	0.75	0.12	4.44
<b>CV (%)</b>									
	5.96			3.11	5.40	4.12	6.69	13.30	2.33
*Mediciones realizadas por triplicado y corregidas a 20°C									
** Mediciones realizadas por triplicado									

**Anexo 4. Características internas y externas de frutos de tumbo serrano al momento de la segunda extracción de semillas**

Grupo	Fruto	Peso	Color	Diámetro		Esfericidad	Sólidos Solubles*	Porcentaje Acidez**	Cantidad Semillas
				Ecuatorial	Polar				
1	1	87.12	5.0Y 8/8	37.97	108.85	0.35	11.71	1.53	-
	2	106.27		40.02	123.25	0.32			-
	3	109.02		41.68	119.37	0.35			187
	4	113.89		42.86	124.46	0.34			202
	5	109.69		39.60	122.66	0.32			-
	6	96.30		39.62	114.73	0.35			-
2	7	103.08	2.5Y 8/8	39.88	115.17	0.35	10.91	1.21	-
	8	99.44		41.81	115.05	0.36			-
	9	105.05		40.31	119.08	0.34			-
	10	107.19		42.25	113.81	0.37			-
	11	126.83		42.75	125.10	0.34			-
	12	99.08		40.25	115.07	0.35			198
	13	112.66		41.18	116.96	0.35			-
	14	117.36		42.63	122.57	0.35			-
	15	124.89		44.61	124.54	0.36			198
	16	130.66		43.00	125.04	0.34			-
	17	129.72		43.08	126.75	0.34			-
	18	98.33		40.24	112.94	0.36			-
	19	108.18		41.30	118.73	0.35			-
	20	89.32		38.49	113.76	0.34			-
21	91.80	41.73	103.65	0.40	-				
22	69.66	34.29	103.51	0.33	-				
3	23	100.37	5.0Y 8/8	39.16	116.42	0.34	11.11	1.18	-
	24	108.34		42.08	122.43	0.34			187
	25	89.39		38.24	107.09	0.36			-
	26	110.62		41.04	115.68	0.35			-
	27	100.40		40.34	115.81	0.35			-
	28	110.40		42.47	119.27	0.36			-
	29	86.03		38.48	111.69	0.34			-
	30	120.06		43.20	121.90	0.35			200
	31	120.77		42.72	124.88	0.34			-
	32	104.82		40.36	116.12	0.35			196
	33	92.92		39.63	111.33	0.36			-
	34	115.40		40.31	125.72	0.32			-
	35	123.16		42.61	127.90	0.33			-
	36	91.28		38.48	114.42	0.34			187
37	88.06	36.95	112.52	0.33	-				
4	38	117.37	2.5 8/10	43.29	121.97	0.35	11.41	1.14	-
	39	82.18		37.33	108.29	0.34			-
	40	91.10		39.57	107.35	0.37			193
	41	99.12		41.37	110.67	0.37			-
	42	102.18		40.13	116.80	0.34			193
	43	107.32		42.24	114.82	0.37			-
	44	91.42		38.85	110.24	0.35			-
	45	92.48		38.40	109.11	0.35			-
<b>Promedio</b>		104.02		40.60	116.61	0.35	11.29	1.27	194.10
<b>DesvEstand</b>		13.59		2.06	6.36	0.01	0.35	0.18	5.63
<b>CV (%)</b>		13.07		5.07	5.45	4.18	3.10	14.10	2.90
*Mediciones realizadas por triplicado y corregidas a 20°C									
** Mediciones realizadas por triplicado									



**Anexo 5. Humedad inicial (%) por el método de materia seca para la elaboración de la curva de imbibición de las semillas**

<b>Peso (mg)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>
Fresco*	251.50	249.40	276.20	267.40
Seco	234.10	228.40	259.00	250.20
<b>Humedad</b>				
mg	17.40	21.00	17.20	17.20
%	6.92	8.42	6.23	6.43
Promedio (%)	<b>6.33</b>			
<i>*Peso de 10 semillas</i>				

**Anexo 6. Evolución del contenido de humedad en el proceso de imbibición en semillas de tumbo serrano**

<b>Lectura</b>	<b>Rango</b>	<b>Peso en húmedo promedio en 10 semillas (mg)</b>	<b>Humedad seminal</b>		
			<b>Total</b>		<b>Incremento</b>
	<b>(horas)</b>		<b>(mg)</b>	<b>(%)</b>	
<b>1</b>	<b>0</b>	258.18	16.34	6.33	0.00
<b>2</b>	<b>1</b>	272.83	30.99	11.36	5.03
<b>3</b>	<b>2</b>	276.85	35.01	12.65	6.32
<b>4</b>	<b>3</b>	281.60	39.76	14.12	7.79
<b>5</b>	<b>4</b>	282.45	40.61	14.38	8.05
<b>6</b>	<b>6</b>	285.63	43.79	15.33	9.00
<b>7</b>	<b>8</b>	287.10	45.26	15.76	9.44
<b>8</b>	<b>10</b>	288.45	46.61	16.16	9.83
<b>9</b>	<b>12</b>	288.13	46.29	16.06	9.74
<b>10</b>	<b>14</b>	288.30	46.46	16.12	9.79
<b>11</b>	<b>16</b>	287.33	45.49	15.83	9.50
<b>12</b>	<b>18</b>	287.93	46.09	16.01	9.68
<b>13</b>	<b>20</b>	289.08	47.24	16.34	10.01
<b>14</b>	<b>22</b>	291.68	49.84	17.09	10.76
<b>15</b>	<b>24</b>	291.25	49.41	16.96	10.64
<b>16</b>	<b>26</b>	290.23	48.39	16.67	10.34
<b>17</b>	<b>32</b>	291.50	49.66	17.04	10.71
<b>18</b>	<b>38</b>	289.85	48.01	16.56	10.23
<b>19</b>	<b>56</b>	292.15	50.31	17.22	10.89
<b>20</b>	<b>128</b>	294.78	52.94	17.96	11.63

**Anexo 7. Registro diario de semillas germinadas en la etapa de preselección de la fase I**

Tratamiento	Concentración (mM)	Repetición	Semillas	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
H <sub>2</sub> Od	0	1	50	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	4
H <sub>2</sub> Od	0	2	50	0	0	0	0	0	0	0	4	3	3	4
H <sub>2</sub> Od	0	3	50	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	4
H <sub>2</sub> Od	0	4	50	0	0	0	0	0	0	0	3	4	1	1
NaCl	100	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	100	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	100	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	100	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	200	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	200	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	200	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	200	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	300	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	300	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	300	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	300	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Continuación...

Tratamiento	Concentración (mM)	Repetición	Semillas	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



**Anexo 8. Índices de germinación presentados en los tratamientos evaluados en la etapa de preselección de la fase I**

Tratamiento	Concentración (mM)	Repetición	Semillas	GRP	MGT	GSP	SYN	UNC
H <sub>2</sub> Od	0	1	50	72.00	16.42	6.09	0.07	3.59
H <sub>2</sub> Od	0	2	50	78.00	16.69	5.99	0.04	4.05
H <sub>2</sub> Od	0	3	50	70.00	17.54	5.70	0.06	3.79
H <sub>2</sub> Od	0	4	50	72.00	16.92	5.91	0.05	3.95
NaCl	100	1	50	4.00	23.00	4.35	0.00	1.00
NaCl	100	2	50	16.00	19.75	5.06	0.11	2.41
NaCl	100	3	50	6.00	22.33	4.48	0.00	1.59
NaCl	100	4	50	6.00	21.00	4.76	0.33	0.92
NaCl	200	1	50	-	-	-	-	-
NaCl	200	2	50	-	-	-	-	-
NaCl	200	3	50	-	-	-	-	-
NaCl	200	4	50	-	-	-	-	-
NaCl	300	1	50	-	-	-	-	-
NaCl	300	2	50	-	-	-	-	-
NaCl	300	3	50	-	-	-	-	-
NaCl	300	4	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	1	50	4.00	20.50	4.88	1.00	0.00
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	2	50	4.00	20.50	4.88	1.00	0.00
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	3	50	2.00	22.00	4.55	0.00	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	4	50	4.00	24.00	4.17	1.00	0.00
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	1	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	2	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	3	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	4	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	1	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	2	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	3	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	4	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	1	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	2	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	3	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	4	50	-	-	-	-	-

Continuación...

Tratamiento	Concentración (mM)	Repetición	Semillas	GRP	MGT	GSP	SYN	UNC
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	1	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	2	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	3	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	4	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	1	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	2	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	3	50	-	-	-	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	4	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	1	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	2	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	3	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	4	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	1	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	2	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	3	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	4	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	1	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	2	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	3	50	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	4	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	1	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	2	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	3	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	4	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	1	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	2	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	3	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	4	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	1	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	2	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	3	50	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	4	50	-	-	-	-	-

**Anexo 9.** *Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos en la etapa de preselección*

<b>Fecha y hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
04-abr 10:00	27.00
05-abr 10:00	26.80
06-abr 10:00	25.80
07-abr 10:00	27.70
08-abr 10:00	27.60
09-abr 10:00	26.50
10-abr 10:00	27.30
11-abr 10:00	26.10
12-abr 10:00	27.00
13-abr 10:00	27.00
14-abr 10:00	25.60
15-abr 10:00	27.10
16-abr 10:00	27.12
17-abr 10:00	26.87
18-abr 10:00	27.31
19-abr 10:00	27.07
20-abr 10:00	28.23
21-abr 10:00	27.84
22-abr 10:00	27.13
23-abr 10:00	26.70
24-abr 10:00	26.46
25-abr 10:00	26.72
26-abr 10:00	26.97
27-abr 10:00	26.79
28-abr 10:00	26.56
29-abr 10:00	24.92
30-abr 10:00	23.40
01-may 10:00	23.44
02-may 10:00	24.17
03-may 10:00	24.56
04-may 10:00	25.05



**Anexo 10. Registro diario de semillas germinadas en la etapa de selección de la fase I**

Tratamiento	Concentración (mM)	Repetición	Semillas	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
NaCl	100	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	100	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	100	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	100	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	200	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0
NaCl	200	2	50	0	0	0	3	1	1	1	0
NaCl	200	3	50	0	0	0	7	0	0	1	1
NaCl	200	4	50	0	0	0	4	3	0	2	2
NaCl	300	1	50	0	0	0	2	0	0	0	1
NaCl	300	2	50	0	0	0	0	0	1	0	0
NaCl	300	3	50	0	0	0	1	1	0	0	0
NaCl	300	4	50	0	0	0	1	1	1	0	1
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	2	50	0	0	0	4	1	1	0	3
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	3	50	0	0	0	0	0	0	0	2
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	2	50	0	0	0	0	0	1	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	1	50	0	0	0	9	3	4	5	10
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	2	50	0	0	0	2	2	1	7	7
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	3	50	0	0	0	12	2	1	7	4
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	4	50	0	0	0	5	2	1	5	8
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	2	50	0	0	0	6	0	2	8	11
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	1	50	0	0	0	1	0	0	0	3
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	2	50	0	0	0	0	0	1	1	6
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	3	50	0	0	0	4	0	3	2	11
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	4	50	0	0	0	0	0	0	3	3
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	1	50	0	0	0	34	0	2	2	1
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	2	50	0	0	0	19	6	3	7	4
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	3	50	0	0	0	22	4	3	2	1
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	4	50	0	0	0	13	3	4	7	3

Continuación...

Tratamiento	Concentración (mM)	Repetición	Semillas	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	3	1	2	4	4
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	13	5	0	8	2
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	4	3	2	6	8
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	2	1	6	6
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	3	5
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	0	0	0	2
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	1	1	1	5	2
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	2	3	3	8	4
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	35	2	1	1	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	29	1	3	2	3
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	14	4	1	1	4
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	29	1	3	2	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	10	2	1	2	4
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	22	3	0	2	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	18	1	1	3	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	9	1	2	5	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	<b>1</b>	<b>50</b>	0	0	0	0	2	0	3	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	<b>2</b>	<b>50</b>	0	0	0	1	1	3	3	3
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	<b>3</b>	<b>50</b>	0	0	0	1	0	4	1	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	<b>4</b>	<b>50</b>	0	0	0	1	0	1	5	1

**Anexo 11. Índices de germinación presentados en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I**

Tratamiento	Concentración (mM)	Repetición	Semillas	GRP	MGT	GSP	SYN	UNC
NaCl	200	1	50	0.00	-	-	-	0.00
NaCl	200	2	50	12.00	5.00	20.00	0.20	1.79
NaCl	200	3	50	18.00	4.78	20.93	0.58	0.99
NaCl	200	4	50	22.00	5.55	18.03	0.20	1.94
NaCl	300	1	50	6.00	5.33	18.75	0.33	0.92
NaCl	300	2	50	2.00	6.00	16.67	-	0.00
NaCl	300	3	50	4.00	4.50	22.22	0.00	1.00
NaCl	300	4	50	8.00	5.75	17.39	0.00	2.00
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	1	50	0.00	-	-	-	0.00
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	2	50	18.00	5.67	17.65	0.25	1.75
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	3	50	4.00	8.00	12.50	1.00	0.00
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	4	50	0.00	-	-	-	0.00
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	1	50	0.00	-	-	-	0.00
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	2	50	2.00	6.00	16.67	-	0.00
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	3	50	0.00	-	-	-	0.00
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	4	50	0.00	-	-	-	0.00
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	1	50	62.00	6.13	16.32	0.22	2.18
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	2	50	38.00	6.79	14.73	0.26	1.97
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	3	50	52.00	5.58	17.93	0.29	1.91
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	4	50	42.00	6.43	15.56	0.23	2.05
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	1	50	0.00	-	-	-	0.00
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	2	50	54.00	6.67	15.00	0.28	1.81
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	3	50	0.00	-	-	-	0.00
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	4	50	0.00	-	-	-	0.00
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	1	50	8.00	7.00	14.29	0.50	0.81
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	2	50	16.00	7.63	13.12	0.54	1.06
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	3	50	40.00	6.80	14.71	0.34	1.68
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	4	50	12.00	7.50	13.33	0.40	1.00
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	1	50	78.00	4.36	22.94	0.76	0.75
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	2	50	78.00	5.26	19.02	0.29	1.99
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	3	50	64.00	4.63	21.62	0.49	1.47
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	4	50	60.00	5.47	18.29	0.26	2.07

Continuación...

Tratamiento	Concentración (mM)	Repetición	Semillas	GRP	MGT	GSP	SYN	UNC
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	1	50	28.00	6.36	15.73	0.18	2.18
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	2	50	56.00	5.32	18.79	0.31	1.75
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	3	50	46.00	6.48	15.44	0.21	2.16
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	4	50	30.00	7.07	14.15	0.30	1.71
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	1	50	16.00	7.63	13.12	0.46	0.95
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	2	50	4.00	8.00	12.50	1.00	0.00
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	3	50	20.00	6.60	15.15	0.24	1.96
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	4	50	40.00	6.45	15.50	0.22	2.15
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	1	50	78.00	4.18	23.93	0.80	0.63
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	2	50	76.00	4.66	21.47	0.59	1.24
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	3	50	48.00	5.04	19.84	0.37	1.70
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	4	50	74.00	4.57	21.89	0.62	1.17
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	1	50	38.00	5.37	18.63	0.31	1.87
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	2	50	58.00	4.59	21.81	0.58	1.17
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	3	50	46.00	4.52	22.12	0.62	1.05
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	4	50	38.00	5.47	18.27	0.28	1.93
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	1	50	14.00	6.71	14.89	0.24	1.56
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	2	50	22.00	6.55	15.28	0.16	2.16
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	3	50	16.00	6.38	15.69	0.25	1.75
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	4	50	16.00	6.63	15.09	0.36	1.55

**Anexo 12.** *Temperaturas (°C) registradas durante la germinación de los tratamientos en la etapa de selección*

Fecha y hora	Temperatura (°C)
05-may 11:30	25.31
06-may 11:30	24.96
07-may 11:30	25.35
08-may 11:30	25.74
09-may 11:30	25.61
10-may 11:30	26.86
11-may 11:30	27.37
12-may 11:30	27.19

**Anexo 13. Germinabilidad (%) en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I**

Tratamiento	Concentración (mM)	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	48.50	38.00	62.00	4	10.76	abc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	13.50	0.00	54.00	4	27.00	ef
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	19.00	8.00	40.00	4	14.38	def
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	0.00	0.00	0.00	4	0.00	f
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	5.50	0.00	18.00	4	8.54	f
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	0.50	0.00	2.00	4	1.00	f
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	69.00	48.00	78.00	4	14.10	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	45.00	38.00	58.00	4	9.45	abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	17.00	14.00	22.00	4	3.46	def
NaCl	100	0.00	0.00	0.00	4	0.00	f
NaCl	200	13.00	0.00	22.00	4	9.59	ef
NaCl	300	5.00	2.00	8.00	4	2.58	f
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	70.00	60.00	78.00	4	9.38	a
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	40.00	28.00	56.00	4	13.37	bcde
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	20.00	4.00	40.00	4	14.97	cdef

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Salts	4	18921	4730	35.219	2.49e-13 ***
Concetr	2	6380	3190	23.752	9.09e-08 ***
Salts:Concetr	8	7357	920	6.847	7.46e-06 ***
Residuals	45	6044	134		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 14. Tiempo medio de germinación (días) en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I**

Tratamiento	Concentración (mM)	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	6.23	5.58	6.79	4	0.51	abc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	6.67	6.67	6.67	1	NA	abc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	7.23	6.80	7.63	4	0.39	a
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	-	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	6.83	5.67	8.00	2	1.65	ab
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	6.00	6.00	6.00	1	NA	abc
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	4.61	4.18	5.04	4	0.35	c
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	4.99	4.52	5.47	4	0.50	bc
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	6.57	6.38	6.71	4	0.14	abc
NaCl	100	-	-	-	-	-	-
NaCl	200	5.11	4.78	5.55	3	0.40	bc
NaCl	300	5.40	4.50	6.00	4	0.66	bc
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	4.93	4.36	5.47	4	0.52	c
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	6.31	5.32	7.07	4	0.73	abc
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	7.17	6.45	8.00	4	0.76	a

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Salts	4	13.895	3.474	9.545	4.22e-05 ***
Concetr	2	16.384	8.192	22.511	1.07e-06 ***
Salts:Concetr	6	5.049	0.842	2.312	0.0592 .
Residuals	30	10.918	0.364		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
17 observations deleted due to missingness					

**Anexo 15. Velocidad de germinación (%) en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I**

Tratamiento	Concentración (mM)	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	16.13	14.73	17.93	4	1.36	bcd
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	15.00	15.00	15.00	1	-	cd
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	13.86	13.12	14.71	4	0.76	d
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	-	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	15.07	12.50	17.65	2	3.64	cd
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	16.67	16.67	16.67	1	NA	abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	21.78	19.84	23.93	4	1.68	a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	20.20	18.27	22.12	4	2.04	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	15.24	14.89	15.69	4	0.34	cd
NaCl	100	-	-	-	-	-	-
NaCl	200	19.65	18.03	20.93	3	1.48	abc
NaCl	300	18.76	16.67	22.22	4	2.47	abc
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	20.47	18.29	22.94	4	2.18	ab
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	16.03	14.15	18.79	4	1.97	bcd
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	14.07	12.50	15.50	4	1.48	d

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Salts	4	120.06	30.01	9.290	5.23e-05 ***
Concetr	2	144.43	72.21	22.352	1.14e-06 ***
Salts:Concetr	6	48.34	8.06	2.494	0.0446 *
Residuals	30	96.92	3.23		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
17 observations deleted due to missingness					

**Anexo 16. Índice de sincronización en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I**

Tratamiento	Concentración (mM)	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	0.25	0.22	0.29	4	0.03	a
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	0.28	0.28	0.28	1	NA	a
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	0.44	0.34	0.54	4	0.09	a
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	-	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	0.63	0.25	1.00	2	0.53	a
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	-	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	0.60	0.37	0.80	4	0.18	a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	0.45	0.28	0.62	4	0.18	a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	0.25	0.16	0.36	4	0.08	a
NaCl	100	-	-	-	-	-	-
NaCl	200	0.33	0.20	0.58	3	0.22	a
NaCl	300	0.11	0.00	0.33	3	0.19	a
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	0.45	0.26	0.76	4	0.23	a
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	0.25	0.18	0.31	4	0.07	a
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	0.48	0.22	1.00	4	0.36	a

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Salts	4	0.3232	0.08080	1.867	0.1431
Concetr	2	0.0355	0.01774	0.410	0.6675
Salts:Concetr	5	0.4803	0.09606	2.220	0.0793 .
Residuals	29	1.2551	0.04328		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
19 observations deleted due to missingness					

**Anexo 17. Índice de incertidumbre en los tratamientos evaluados en la etapa de selección de la fase I**

Tratamiento	Concentración (mM)	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100	2.03	1.91	2.18	4	0.12	a
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	200	0.45	0.00	1.81	4	0.90	bc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	300	1.14	0.81	1.68	4	0.38	abc
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	100	0.00	0.00	0.00	4	0.00	c
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	200	0.44	0.00	1.75	4	0.88	bc
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	300	0.00	0.00	0.00	4	0.00	c
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	1.18	0.63	1.70	4	0.44	abc
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	1.51	1.05	1.93	4	0.46	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	300	1.76	1.55	2.16	4	0.29	ab
NaCl	100	0.00	0.00	0.00	4	0.00	c
NaCl	200	1.18	0.00	1.94	4	0.89	abc
NaCl	300	0.98	0.00	2.00	4	0.82	abc
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	1.57	0.75	2.07	4	0.61	ab
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	200	1.95	1.71	2.18	4	0.26	a
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	300	1.27	0.00	2.15	4	0.99	abc

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Salts	4	17.161	4.290	12.608	5.81e-07 ***
Concetr	2	0.224	0.112	0.329	0.72165
Salts:Concetr	8	10.044	1.256	3.690	0.00219 **
Residuals	45	15.312	0.340		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 18. Registro diario de semillas germinadas en la fase II (tiempos de acondicionamiento)**

Tratamiento	Tiempo	Repetición	Semillas	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
H <sub>2</sub> Od	0	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> Od	0	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> Od	0	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> Od	0	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> Od	14	1	50	0	0	0	0	1	0	3	1	0	1	2
H <sub>2</sub> Od	14	2	50	0	0	0	0	0	3	2	0	1	1	0
H <sub>2</sub> Od	14	3	50	0	0	0	0	1	1	2	1	0	1	0
H <sub>2</sub> Od	14	4	50	0	0	0	0	1	1	3	0	1	0	1
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14	1	50	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14	3	50	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14	1	50	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14	2	50	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14	3	50	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14	4	50	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
H <sub>2</sub> Od	10.5	1	50	0	0	0	0	1	1	0	3	2	0	2
H <sub>2</sub> Od	10.5	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
H <sub>2</sub> Od	10.5	3	50	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3
H <sub>2</sub> Od	10.5	4	50	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	2	50	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	1
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	3	50	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	4	50	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1



Continuación

D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3	12	2	1	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	5	6	2	5	1	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	2	1	0	4	7	5	4	2	1
0	0	0	0	1	0	2	0	0	6	3	0	0	8	8	0	0	0	0
2	0	0	2	0	1	3	0	0	2	0	0	1	10	4	1	0	2	0
0	0	0	2	0	0	2	1	0	1	0	0	0	5	9	3	0	2	0
1	1	0	2	0	1	2	1	1	2	0	0	0	6	8	2	0	2	0
0	0	1	2	1	0	2	1	0	2	0	0	0	9	6	2	0	1	0
0	0	0	3	0	1	1	0	0	1	0	0	0	5	11	1	2	0	0
1	0	0	4	1	0	1	0	0	4	1	0	0	3	9	1	0	0	0
1	0	1	3	0	0	0	0	0	3	3	2	0	4	5	1	0	0	2
0	1	0	1	2	0	1	1	0	4	0	1	0	2	4	1	3	3	2
1	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	1	2	5	1	0	0	0
1	0	0	4	0	0	2	0	0	2	2	0	1	1	4	1	1	1	1
0	0	1	2	2	0	2	0	0	2	1	2	0	4	6	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	6	2	0	1	0
2	1	0	1	0	1	4	0	1	2	2	1	3	4	3	3	0	1	1
0	1	0	4	2	1	3	1	0	1	4	0	0	5	4	0	0	0	1
2	1	0	4	1	0	2	1	1	1	4	0	1	2	6	2	2	1	2
1	0	0	1	3	1	2	1	0	5	3	1	0	5	5	1	0	0	1
0	1	4	0	0	0	1	1	0	4	2	0	1	9	7	2	0	2	0
1	0	0	5	0	0	2	1	0	0	1	1	1	1	4	3	2	2	0
0	0	0	2	0	0	2	0	0	3	2	0	0	5	5	3	0	0	1
1	0	0	2	1	0	3	1	0	0	1	1	0	7	8	1	1	0	0
2	2	1	0	0	0	3	1	0	0	2	2	0	6	4	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	0	0	4	4	3	0	8	3	0	0	2	1
1	0	2	1	2	0	0	1	1	0	1	2	0	7	4	1	0	1	1
1	2	1	0	0	0	2	1	0	4	3	2	0	9	2	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	4	1	1	1	2	1	0	5	1	1	1	0	2
1	0	0	0	0	0	2	0	1	2	0	1	0	2	6	2	3	0	1
0	0	0	3	0	0	3	0	0	2	1	0	0	6	9	3	0	1	0
2	1	0	1	0	0	5	0	0	2	3	0	0	4	3	1	0	0	2
0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	5	4	0	1	1
0	0	0	1	0	0	2	0	1	1	0	2	0	1	5	2	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	2	1
0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	3	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	3	5	2	2	1	1
0	0	0	1	0	1	3	0	0	2	2	0	0	3	5	0	1	1	1
2	0	1	0	0	0	3	0	0	4	1	0	0	5	3	0	1	1	3
1	1	0	3	0	0	1	0	0	4	1	1	0	5	13	2	0	0	1

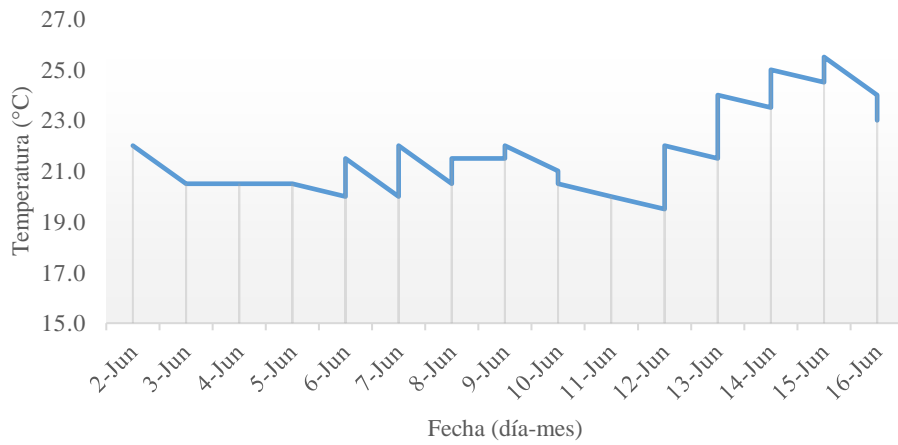
Continuación

Tratamiento	Tiempo	Repetición	Semillas	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	1	50	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	2	50	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	3	50	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	4	50	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
H <sub>2</sub> Od	7	1	50	0	0	0	0	1	2	1	1	3	6	1
H <sub>2</sub> Od	7	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
H <sub>2</sub> Od	7	3	50	0	0	0	0	1	1	0	1	2	4	1
H <sub>2</sub> Od	7	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7	1	50	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7	4	50	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7	1	50	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7	2	50	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7	3	50	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7	4	50	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
H <sub>2</sub> Od	3.5	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> Od	3.5	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
H <sub>2</sub> Od	3.5	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> Od	3.5	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	4	50	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Continuación

D1 2	D1 3	D1 4	D1 5	D1 6	D1 7	D1 8	D1 9	D2 0	D2 1	D2 2	D2 3	D2 4	D2 5	D2 6	D2 7	D2 8	D2 9	D3 0
2	1	0	1	0	0	3	0	1	1	4	0	0	5	1	0	1	0	1
2	0	0	2	2	0	2	0	0	2	3	2	1	5	2	0	0	0	3
1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	1	0	1	5	7	1	2	1	1
4	0	0	1	0	2	5	0	1	2	0	0	2	3	3	1	2	0	2
0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	8	9	0	0	0	2
3	1	3	3	0	0	0	0	0	0	2	0	1	7	3	2	0	0	4
0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	9	7	1	0	0	2
3	0	4	3	0	0	0	0	0	0	2	0	1	8	4	2	0	0	2
1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	1	2	2	1	1	4	2	0
3	2	0	2	0	0	2	0	0	1	1	0	0	3	5	1	1	1	2
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	2	4	1	0	1	2
0	1	0	2	1	0	2	0	0	4	2	0	0	3	5	2	1	2	0
0	1	0	0	1	2	3	0	0	2	5	0	0	2	3	1	3	0	2
0	0	0	1	0	0	2	0	0	3	0	0	0	3	2	1	0	0	2
0	1	0	1	0	0	4	0	0	2	3	0	0	2	5	1	1	0	3
0	1	0	0	0	0	3	0	0	3	2	0	0	4	3	1	0	0	2
1	0	0	1	0	0	3	0	0	1	1	2	0	5	5	1	0	0	2
2	1	0	1	0	2	2	0	0	3	1	1	0	4	4	3	1	1	0
2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	7	7	2	2	2	0
2	0	0	1	1	0	1	0	0	2	1	0	0	5	3	3	0	1	0
1	0	0	1	0	0	2	0	0	1	2	0	0	7	9	1	0	1	0
0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	5	0	0	5	4	0	2	1	4
0	0	0	1	0	0	3	0	1	2	2	0	0	4	4	3	3	1	1
1	1	0	1	0	0	1	0	0	2	2	1	0	3	3	3	1	2	3
1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	1	2	0	2	10	0	1	2	1
2	0	0	2	0	0	6	0	0	1	3	0	0	4	4	0	0	2	1
2	0	0	2	0	0	1	0	0	1	2	2	0	1	11	0	1	1	1
2	0	0	2	0	0	2	0	0	1	2	1	0	6	2	0	0	2	2
1	0	0	1	1	0	3	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	3	2
0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	1	2	0	0	5	0	2	1	1
1	0	0	1	0	0	1	2	0	1	0	1	0	1	1	0	1	3	0
0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	1	0	0	6	5	0	2	1	3
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	2	1	2
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	2	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	3	1	0	0	0
0	0	1	1	0	2	2	0	0	3	1	1	1	8	2	2	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	7	8	3	0	0	2
0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	4	4	1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	2	0	1	4	1	1	0	3	2	1	2	2	2
0	0	0	2	1	0	1	0	0	1	2	0	0	1	3	1	2	1	2
3	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	2	0	3	7	2	1	1	3
1	1	0	2	0	1	1	0	0	3	2	0	1	0	8	2	0	0	0
0	1	0	1	1	0	2	2	0	2	1	1	0	3	3	3	3	1	2

**Anexo 19.** *Temperaturas (°C) registradas durante la inmersión en las soluciones salinas durante los 14 días*



**Anexo 20. Temperaturas (°C) ambiente registradas durante el secado de las semillas de la primera extracción**

Estación : VON HUMBOLDT , Tipo Automtica - Meteorológica 2								
Departamento :	LIMA		Provincia :	LIMA		Distrito :	LA MOLINA	
Latitud :	12° 4' 55.63"		Longitud :	76° 56' 21.42"		Altitud :	246	
Día/mes/año	Temperatura (°c)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presion (mb)	Velocidad	Direccion
	Prom	Max	Min				del	del
							Viento (m/s)	Viento
28-mar-17	25.50	30.00	21.70	64.63	0	983.86	3.20	261
29-mar-17	23.75	28.20	19.90	71.58	0	983.07	3.39	261
30-mar-17	23.41	28.60	20.10	73.21	0	983.41	3.10	242
31-mar-17	24.32	29.40	20.70	70.29	0	985.01	2.47	254
01-abr-17	24.46	29.20	20.90	69.46	0	985.13	2.78	225
02-abr-17	22.74	28.50	18.80	73.88	0	983.47	2.40	264
03-abr-17	23.00	28.40	19.90	73.21	0	982.72	2.85	253
04-abr-17	23.08	29.00	19.10	72.04	0	983.46	2.38	260

FUENTE: SENAMHI, Oficina de Estadística

**Anexo 21. Temperaturas (°C) ambiente registradas durante el secado de las semillas de la segunda extracción**

Estación : VON HUMBOLDT , Tipo Automtica - Meteorológica 2								
Departamento :	LIMA		Provincia :	LIMA		Distrito :	LA MOLINA	
Latitud :	12° 4' 55.63"		Longitud :	76° 56' 21.42"		Altitud :	246	
Día/mes/año	Temperatura (°c)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presion (mb)	Velocidad	Direccion
	Prom	Max	Min				del	del
							Viento (m/s)	Viento
26-may-17	19.34	21.10	18.00	79.54	0	987.14	1.45	34
27-may-17	19.41	24.10	17.70	79.96	0	987.04	1.70	250
28-may-17	18.49	21.10	17.10	84.50	0	986.75	1.68	248
29-may-17	18.63	20.90	17.50	85.67	0.1	987.68	1.95	71
30-may-17	17.61	18.60	17.10	89.17	0.5	987.51	1.23	228
31-may-17	17.12	17.80	16.60	90.04	0.9	986.47	0.55	229
01-jun-17	17.28	18.90	16.50	88.29	0.6	986.20	0.60	14
02-jun-17	18.71	20.80	17.30	79.38	0	985.20	1.40	217

FUENTE: SENAMHI, Oficina de Estadística

**Anexo 22. Contenido de materia seca (%) de las semillas en tres fechas**

Fecha	Repetición	Peso (mg)					Humedad		
		Placa	Fresco+Plc	Seco+Plc	Fresco*	Seco	mg	%	Promedio
04-abr	R1	10613.6	11117.6	11071.8	574.0	531.2	42.8	7.46	<b>7.13 %</b>
	R2	10464.4	10964.2	10914.3	559.8	518.9	40.9	7.31	
	R3	10543.6	11097.0	11049.2	563.4	525.6	37.8	6.71	
	R4	10491.0	11026.8	10981.4	585.8	544.4	41.4	7.07	
02-jun	R1	10613.6	11205.1	11143.1	591.5	529.5	62.0	10.48	<b>11.13 %</b>
	R2	10464.4	11107.4	11037.5	643.0	573.1	69.9	10.87	
	R3	10543.6	11130.1	11062.4	586.5	518.8	67.7	11.54	
	R4	10491.0	11050.8	10985.8	559.8	494.8	65.0	11.61	
15-jun	R1	10613.6	11199.7	11134.7	586.1	521.1	65.0	11.09	<b>11.00 %</b>
	R2	10491.0	11052.5	10992.0	561.5	501.0	60.5	10.77	
	R3	10464.4	11019.5	10955.2	555.1	490.8	64.3	11.58	
	R4	10543.6	11103.6	11044.5	560.0	500.9	59.1	10.55	
<i>*Peso de 20 semillas</i>									

**Anexo 23. Índices de germinación presentados en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento (fase II)**

Tratamiento	Tiempo (días)	Repetición	Semillas	GRP	MGT	GSP	SYN	UNC
H <sub>2</sub> Od	0	1	50	42	24.91	4.02	0.33	2.02
H <sub>2</sub> Od	0	2	50	48	25.58	3.91	0.13	2.89
H <sub>2</sub> Od	0	3	50	62	25.16	3.97	0.10	3.15
H <sub>2</sub> Od	0	4	50	56	23.29	4.29	0.20	2.30
H <sub>2</sub> Od	14	1	50	72	19.33	5.17	0.10	3.48
H <sub>2</sub> Od	14	2	50	64	20.47	4.89	0.11	3.20
H <sub>2</sub> Od	14	3	50	70	20.06	4.99	0.08	3.66
H <sub>2</sub> Od	14	4	50	68	19.79	5.05	0.10	3.42
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14	1	50	52	23.19	4.31	0.21	2.53
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14	2	50	52	21.50	4.65	0.16	2.81
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14	3	50	50	22.52	4.44	0.09	3.13
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14	4	50	56	22.71	4.40	0.06	3.61
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14	1	50	32	22.50	4.44	0.14	2.56
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14	2	50	42	21.95	4.56	0.07	3.35
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14	3	50	56	19.68	5.08	0.07	3.54
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14	4	50	34	23.71	4.22	0.15	2.66
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14	1	50	64	21.22	4.71	0.05	3.87
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14	2	50	64	18.81	5.32	0.07	3.53
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14	3	50	70	21.14	4.73	0.06	3.89
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14	4	50	62	21.39	4.68	0.08	3.46
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14	1	50	68	22.85	4.38	0.13	3.02
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14	2	50	48	22.29	4.49	0.08	3.32
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14	3	50	48	22.92	4.36	0.11	2.97
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14	4	50	60	21.40	4.67	0.12	3.23
H <sub>2</sub> Od	10.5	1	50	68	18.03	5.55	0.06	3.76
H <sub>2</sub> Od	10.5	2	50	64	21.75	4.60	0.10	3.33
H <sub>2</sub> Od	10.5	3	50	60	20.27	4.93	0.08	3.63
H <sub>2</sub> Od	10.5	4	50	72	19.36	5.17	0.08	3.69
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	1	50	42	22.86	4.38	0.09	3.27
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	2	50	44	23.50	4.26	0.10	3.18
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	3	50	56	23.46	4.26	0.16	2.65
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	4	50	48	21.46	4.66	0.09	3.12
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	1	50	34	25.06	3.99	0.14	2.65
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	2	50	32	23.44	4.27	0.11	2.90
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	3	50	12	26.83	3.73	0.07	2.25
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	4	50	20	23.90	4.18	0.13	2.25
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	1	50	38	25.26	3.96	0.10	2.97
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	2	50	52	19.92	5.02	0.06	3.58
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	3	50	52	21.81	4.59	0.08	3.32
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	4	50	70	22.34	4.48	0.16	3.00

Continuación...

Tratamiento	Tiempo (días)	Repetición	Semillas	GRP	MGT	GSP	SYN	UNC
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	1	50	50	19.20	5.21	0.07	3.51
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	2	50	54	21.26	4.70	0.07	3.45
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	3	50	52	22.69	4.41	0.11	3.24
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	4	50	58	20.72	4.83	0.07	3.51
H <sub>2</sub> Od	7	1	50	78	18.15	5.51	0.11	3.27
H <sub>2</sub> Od	7	2	50	62	21.00	4.76	0.09	3.26
H <sub>2</sub> Od	7	3	50	74	19.35	5.17	0.11	3.35
H <sub>2</sub> Od	7	4	50	66	20.06	4.99	0.10	3.22
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7	1	50	36	23.72	4.22	0.07	3.28
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7	2	50	48	21.67	4.62	0.07	3.37
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7	3	50	28	25.21	3.97	0.10	2.81
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7	4	50	50	22.72	4.40	0.08	3.27
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7	1	50	50	22.72	4.40	0.08	3.29
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7	2	50	28	23.43	4.27	0.10	2.70
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7	3	50	46	23.17	4.32	0.09	3.08
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7	4	50	38	23.11	4.33	0.10	2.87
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7	1	50	48	22.13	4.52	0.09	3.25
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7	2	50	58	20.76	4.82	0.06	3.61
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7	3	50	58	23.38	4.28	0.12	3.06
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7	4	50	46	20.65	4.84	0.07	3.43
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7	1	50	54	22.56	4.43	0.17	2.82
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7	2	50	54	23.56	4.25	0.10	3.05
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7	3	50	60	21.73	4.60	0.06	3.63
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7	4	50	54	22.37	4.47	0.04	3.83
H <sub>2</sub> Od	3.5	1	50	50	24.32	4.11	0.18	2.76
H <sub>2</sub> Od	3.5	2	50	52	21.19	4.72	0.10	3.08
H <sub>2</sub> Od	3.5	3	50	50	23.24	4.30	0.20	2.80
H <sub>2</sub> Od	3.5	4	50	44	22.64	4.42	0.10	3.12
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	1	50	30	22.33	4.48	0.08	3.01
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	2	50	34	22.88	4.37	0.10	3.05
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	3	50	26	22.54	4.44	0.05	3.18
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	4	50	50	23.04	4.34	0.10	3.21
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	1	50	18	24.56	4.07	0.17	2.28
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	2	50	18	27.00	3.70	0.08	2.50
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	3	50	18	24.22	4.13	0.06	2.73
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	4	50	20	24.40	4.10	0.20	2.05
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	1	50	52	22.89	4.37	0.11	3.29
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	2	50	54	24.74	4.04	0.16	2.74
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	3	50	30	22.60	4.43	0.11	2.84
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	4	50	46	23.65	4.23	0.06	3.53
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	1	50	34	23.77	4.21	0.05	3.34
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	2	50	54	23.67	4.23	0.10	3.10
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	3	50	46	21.44	4.67	0.13	3.01
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	4	50	54	23.07	4.33	0.05	3.75



**Anexo 24. Germinabilidad (%) en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento (fase II)**

Tratamiento	Tiempo (días)	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	53.00	38.00	70.00	4	13.12	abcde
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14.0	65.00	62.00	70.00	4	3.46	abc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	45.50	30.00	54.00	4	10.88	cde
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7.0	52.50	46.00	58.00	4	6.40	abcde
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	0.0	52.00	42.00	62.00	4	8.79	abcde
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	10.5	66.00	60.00	72.00	4	5.16	abc
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	14.0	68.50	64.00	72.00	4	3.42	ab
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	3.5	49.00	44.00	52.00	4	3.46	bcde
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	7.0	70.00	62.00	78.00	4	7.30	a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	47.50	42.00	56.00	4	6.19	cde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14.0	52.50	50.00	56.00	4	2.52	abcde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	35.00	26.00	50.00	4	10.52	efg
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7.0	40.50	28.00	50.00	4	10.38	def
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	24.50	12.00	34.00	4	10.38	fg
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14.0	41.00	32.00	56.00	4	10.89	def
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	18.50	18.00	20.00	4	1.00	g
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7.0	40.50	28.00	50.00	4	9.71	def
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	53.50	50.00	58.00	4	3.42	abcde
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14.0	56.00	48.00	68.00	4	9.80	abcd
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	47.00	34.00	54.00	4	9.45	cde
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7.0	55.50	54.00	60.00	4	3.00	abcde

*Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey (P≤0.05)*

	Df	Sum S	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	4	9113	2278.2	36.382	9.7e-16 ***
Tiempo	4	3726	931.5	14.875	1.3e-08 ***
Tratamiento:Tiempo	12	1081	90.0	1.438	0.173
Residuals	63	3945	62.6		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 25. Tiempo medio de germinación (días) en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento (fase II)**

Tratamiento	Tiempo (días)	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	22.33	19.92	25.26	4	2.21	abcde
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14.0	20.64	18.81	21.39	4	1.22	cde
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	23.47	22.60	24.74	4	0.96	abc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7.0	21.73	20.65	23.38	4	1.29	bcde
H <sub>2</sub> Od	0.0	24.73	23.29	25.58	4	1.01	ab
H <sub>2</sub> Od	10.5	19.85	18.03	21.75	4	1.56	de
H <sub>2</sub> Od	14.0	19.91	19.33	20.47	4	0.48	de
H <sub>2</sub> Od	3.5	22.85	21.19	24.32	4	1.31	abcd
H <sub>2</sub> Od	7.0	19.64	18.15	21.00	4	1.20	e
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	22.82	21.46	23.50	4	0.95	abcde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14.0	22.48	21.50	23.19	4	0.71	abcde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	22.70	22.33	23.04	4	0.32	abcde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7.0	23.33	21.67	25.21	4	1.51	abc
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	24.81	23.44	26.83	4	1.51	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14.0	21.96	19.68	23.71	4	1.69	abcde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	25.04	24.22	27.00	4	1.31	a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7.0	23.11	22.72	23.43	4	0.29	abc
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	20.97	19.20	22.69	4	1.44	cde
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14.0	22.37	21.40	22.92	4	0.70	abcde
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	22.99	21.44	23.77	4	1.08	abcd
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7.0	22.55	21.73	23.56	4	0.76	abcde

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	4	53.94	13.485	9.184	6.55e-06 ***
Tiempo	4	95.37	23.842	16.237	3.45e-09 ***
Tratamiento:Tiempo	12	41.35	3.445	2.346	0.0147 *
Residuals	63	92.51	1.468		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 26. Velocidad de germinación (%) en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento (fase II)**

Tratamiento	Tiempo (días)	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	4.51	3.96	5.02	4	0.44	abcde
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14.0	4.86	4.68	5.32	4	0.31	abcd
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	4.27	4.04	4.43	4	0.17	de
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7.0	4.61	4.28	4.84	4	0.27	abcde
H <sub>2</sub> Od	0.0	4.05	3.91	4.29	4	0.17	e
H <sub>2</sub> Od	10.5	5.06	4.60	5.55	4	0.40	ab
H <sub>2</sub> Od	14.0	5.02	4.89	5.17	4	0.12	abc
H <sub>2</sub> Od	3.5	4.39	4.11	4.72	4	0.25	cde
H <sub>2</sub> Od	7.0	5.11	4.76	5.51	4	0.32	a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	4.39	4.26	4.66	4	0.19	cde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14.0	4.45	4.31	4.65	4	0.14	abcde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	4.41	4.34	4.48	4	0.06	bcde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7.0	4.30	3.97	4.62	4	0.28	de
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	4.04	3.73	4.27	4	0.24	e
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14.0	4.58	4.22	5.08	4	0.37	abcde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	4.00	3.70	4.13	4	0.20	e
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7.0	4.33	4.27	4.40	4	0.06	de
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	4.79	4.41	5.21	4	0.33	abcd
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14.0	4.48	4.36	4.67	4	0.14	abcde
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	4.36	4.21	4.67	4	0.21	de
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7.0	4.44	4.25	4.60	4	0.15	bcde

*Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey (P≤0.05)*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	4	2.397	0.5992	9.537	4.3e-06 ***
Tiempo	4	3.954	0.9885	15.734	5.6e-09 ***
Tratamiento:Tiempo	12	1.782	0.1485	2.363	0.014 *
Residuals	63	3.958	0.0628		
---					
Signif. codes:	0	***	0.001	*	0.01
					0.05
					0.1
					1

**Anexo 27. Índice de sincronización en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento (fase II)**

Tratamiento	Tiempo (días)	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	0.10	0.06	0.16	4	0.04	ab
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14.0	0.06	0.05	0.08	4	0.01	b
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	0.11	0.06	0.16	4	0.04	ab
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7.0	0.09	0.06	0.12	4	0.03	ab
H <sub>2</sub> Od	0.0	0.19	0.10	0.33	4	0.10	a
H <sub>2</sub> Od	10.5	0.08	0.06	0.10	4	0.02	b
H <sub>2</sub> Od	14.0	0.10	0.08	0.11	4	0.01	ab
H <sub>2</sub> Od	3.5	0.14	0.10	0.20	4	0.05	ab
H <sub>2</sub> Od	7.0	0.10	0.09	0.11	4	0.01	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	0.11	0.09	0.16	4	0.04	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14.0	0.13	0.06	0.21	4	0.07	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	0.08	0.05	0.10	4	0.02	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7.0	0.08	0.07	0.10	4	0.01	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	0.11	0.07	0.14	4	0.03	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14.0	0.11	0.07	0.15	4	0.04	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	0.13	0.06	0.20	4	0.07	ab
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7.0	0.09	0.08	0.10	4	0.01	ab
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	0.08	0.07	0.11	4	0.02	b
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14.0	0.11	0.08	0.13	4	0.02	ab
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	0.08	0.05	0.13	4	0.04	ab
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7.0	0.09	0.04	0.17	4	0.06	ab

*Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey (P≤0.05)*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	4	0.01408	0.003520	1.910	0.11976
Tiempo	4	0.02716	0.006791	3.684	0.00929 **
Tratamiento:Tiempo	12	0.02151	0.001793	0.973	0.48397
Residuals	63	0.11612	0.001843		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 28. Índice de incertidumbre en los tratamientos seleccionados tras someterlos a diferentes tiempos de acondicionamiento (fase II)**

Tratamiento	Tiempo (días)	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	10.5	3.22	2.97	3.58	4	0.29	abc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	14.0	3.69	3.46	3.89	4	0.22	a
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	3.5	3.10	2.74	3.53	4	0.37	abcd
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -100mM	7.0	3.34	3.06	3.61	4	0.23	ab
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	0.0	2.59	2.02	3.15	4	0.52	bcd
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	10.5	3.60	3.33	3.76	4	0.19	a
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	14.0	3.44	3.20	3.66	4	0.19	a
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	3.5	2.94	2.76	3.12	4	0.19	abcd
H <sub>2</sub> O <sub>d</sub>	7.0	3.27	3.22	3.35	4	0.05	abc
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	10.5	3.06	2.65	3.27	4	0.27	abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	14.0	3.02	2.53	3.61	4	0.46	abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	3.5	3.11	3.01	3.21	4	0.10	abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -100mM	7.0	3.18	2.81	3.37	4	0.25	abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	10.5	2.51	2.25	2.90	4	0.32	cd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	14.0	3.03	2.56	3.54	4	0.49	abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	3.5	2.39	2.05	2.73	4	0.29	d
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -200mM	7.0	2.98	2.70	3.29	4	0.26	abcd
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	10.5	3.43	3.24	3.51	4	0.13	a
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	14.0	3.14	2.97	3.32	4	0.17	abcd
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	3.5	3.30	3.01	3.75	4	0.33	abc
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -100mM	7.0	3.33	2.82	3.83	4	0.47	ab

*Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey (P≤0.05)*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)						
Tratamiento	4	3.772	0.9430	10.180	2.02e-06 ***						
Tiempo	4	2.689	0.6722	7.257	7.16e-05 ***						
Tratamiento:Tiempo	12	2.221	0.1850	1.998	0.0392 *						
Residuals	63	5.836	0.0926								
---											
Signif. codes:	0	***	0.001	*	0.01	**	0.05	.	0.1		1

**Anexo 29.** *Temperaturas (°C) registradas x durante la inmersión en las soluciones salinas durante los 14 días*

<b>Fecha y hora</b>	<b>Temperatura</b>
02-jun 17:51	22.00
03-jun 05:51	20.50
03-jun 17:51	20.50
04-jun 05:51	20.50
04-jun 17:51	20.50
05-jun 05:51	20.50
05-jun 17:51	20.50
06-jun 05:51	20.00
06-jun 17:51	21.50
07-jun 05:51	20.00
07-jun 17:51	22.00
08-jun 05:51	20.50
08-jun 17:51	21.50
09-jun 05:51	21.50
09-jun 17:51	22.00
10-jun 05:51	21.00
10-jun 17:51	20.50
11-jun 05:51	20.00
11-jun 17:51	20.00
12-jun 05:51	19.50
12-jun 17:51	22.00
13-jun 05:51	21.50
13-jun 17:51	24.00
14-jun 05:51	23.50
14-jun 17:51	25.00
15-jun 05:51	24.50
15-jun 17:51	25.50
16-jun 05:51	24.00
16-jun 17:51	23.00

**Anexo 30.** *Temperaturas (°C) registradas x durante la germinación de los tratamientos sometidos a tiempos de acondicionamiento*

<b>Fecha y hora</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Fecha y hora</b>	<b>Temperatura</b>
17-jun	21.00	08-jul	20.50
17-jun	20.50	09-jul	20.00
18-jun	20.00	09-jul	20.50
18-jun	20.00	10-jul	20.00
19-jun	20.00	10-jul	20.00
19-jun	21.00	11-jul	20.00
20-jun	21.00	11-jul	19.50
20-jun	21.50	12-jul	19.50
21-jun	20.50	12-jul	22.50
21-jun	21.50	13-jul	22.00
22-jun	21.00	13-jul	23.00
22-jun	21.00	14-jul	22.50
23-jun	20.50	14-jul	22.50
23-jun	21.50	15-jul	23.00
24-jun	21.00	15-jul	22.00
24-jun	21.00	16-jul	22.00
25-jun	21.00	16-jul	21.50
25-jun	22.00	17-jul	22.00
26-jun	21.50		
26-jun	21.00		
27-jun	21.00		
27-jun	21.00		
28-jun	20.50		
28-jun	21.00		
29-jun	21.00		
29-jun	21.00		
30-jun	20.50		
30-jun	20.50		
01-jul	20.50		
02-jul	20.50		
02-jul	21.00		
03-jul	21.00		
03-jul	21.00		
04-jul	21.00		
04-jul	21.50		
05-jul	21.50		
05-jul	21.50		
06-jul	21.00		
06-jul	21.50		
07-jul	21.00		
07-jul	21.00		
08-jul	21.00		

**Anexo 31. Registro diario de semillas germinadas en la segunda parte  
(otros tratamientos. pregerminativos)**

Tratamientos	Repetición	Semillas	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
Testigo	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Testigo	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Testigo	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Testigo	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [50ppm]	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [50ppm]	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [50ppm]	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [50ppm]	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [100ppm]	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [100ppm]	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [100ppm]	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [100ppm]	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escarificación_basal	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Escarificación_basal	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Escarificación_basal	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0
Escarificación_basal	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Imbibición	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imbibición	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imbibición	3	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imbibición	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Continuación

D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	1	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4	0	1	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	1	0	1	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	3
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	2	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	3	0	1	3
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	0	0	2	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	2
3	0	1	1	0	0	1	3	5	1	3	0	1	1	2	5	2	0	1
2	1	1	0	0	0	2	2	3	0	0	0	2	2	2	0	0	3	1
0	2	0	0	2	2	2	4	3	0	2	0	1	1	2	3	2	5	1
1	0	4	0	2	0	4	3	3	1	1	0	2	2	2	9	2	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
0	0	1	0	0	0	2	2	2	1	1	1	1	0	1	5	5	5	2
0	1	0	0	1	0	3	4	4	1	2	2	1	2	5	4	2	1	2
0	0	1	0	0	0	1	3	3	0	1	2	0	0	0	2	5	7	1
1	0	0	0	1	2	1	5	7	0	1	2	1	1	3	3	2	3	3
2	0	2	3	0	2	4	6	2	1	0	1	1	1	1	2	1	4	0
1	2	1	3	2	2	2	3	4	1	3	2	2	1	2	4	2	2	0
4	1	3	0	2	1	2	3	6	0	2	0	2	2	4	3	0	1	0
5	3	0	4	2	3	4	6	2	1	2	1	1	2	3	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1

*Continuación*

D32	D33	D34	D35	D36	D37	D38	D39	D40	D41	D42	D43	D44	D45
1	2	1	0	2	2	0	1	7	3	2	1	4	2
1	3	1	0	5	2	1	0	4	8	0	1	0	4
1	1	0	0	2	5	0	2	4	13	0	0	1	1
0	3	1	1	2	3	1	3	3	2	3	0	2	2
0	3	0	0	3	2	0	2	5	4	0	1	0	5
0	4	0	1	4	3	1	1	6	6	2	0	0	2
1	2	2	1	2	2	0	2	3	7	1	1	1	2
0	0	0	0	2	1	0	2	6	9	1	0	3	0
0	2	0	1	4	2	2	1	11	4	0	0	1	2
0	4	0	1	3	1	1	0	2	11	1	0	0	1
0	1	0	1	5	2	0	0	8	3	1	0	1	2
0	1	1	0	5	1	0	0	4	9	1	2	3	1
0	1	1	0	3	6	1	1	5	4	0	0	3	2
0	2	1	1	4	2	2	0	8	3	1	0	2	2
2	3	0	1	4	5	2	1	3	3	0	0	0	1
2	5	1	0	4	5	0	0	7	4	0	0	1	1
0	4	0	0	4	4	1	1	4	3	1	0	1	4
0	1	0	1	6	2	2	1	13	5	0	2	3	1
0	3	0	1	9	3	2	0	10	4	0	0	2	0
1	3	1	1	2	4	0	0	7	5	1	1	0	0
2	1	0	1	1	1	0	0	1	0	2	0	0	0
2	2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	3	1	1	0	1	0	0
2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	3	0	0	3	1	0	3	6	7	1	0	3	3
1	2	0	1	2	1	0	1	7	7	0	0	0	1
1	1	1	0	2	3	0	2	2	4	4	0	1	1
0	2	0	0	3	2	1	1	5	13	1	0	0	0
1	0	1	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	2	0	2	1	1	0	0	0	0
0	2	2	2	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
0	3	0	0	1	0	0	1	6	5	1	0	1	0
0	3	0	1	3	3	1	0	5	5	0	0	2	1
0	1	0	0	2	2	0	2	5	8	0	2	2	4
2	0	1	0	0	0	0	0	8	10	0	0	0	2

**Anexo 32. Índices de germinación presentados en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte**

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Semillas</b>	<b>GRP</b>	<b>MGT</b>	<b>GSP</b>	<b>SYN</b>	<b>UNC</b>
Testigo	1	50	66.00	37.88	2.64	0.07	3.70
Testigo	2	50	76.00	36.00	2.78	0.08	3.53
Testigo	3	50	76.00	36.00	2.78	0.15	3.15
Testigo	4	50	64.00	36.41	2.75	0.04	3.95
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	1	50	58.00	37.66	2.66	0.09	3.25
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	2	50	70.00	37.14	2.69	0.08	3.42
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	3	50	62.00	37.26	2.68	0.06	3.78
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	4	50	58.00	38.45	2.60	0.15	2.87
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	1	50	80.00	36.18	2.76	0.10	3.52
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	2	50	58.00	37.00	2.70	0.16	2.97
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	3	50	68.00	35.50	2.82	0.09	3.53
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	4	50	70.00	37.63	2.66	0.10	3.43
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	1	50	72.00	35.92	2.78	0.07	3.71
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	2	50	66.00	37.21	2.69	0.08	3.63
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	3	50	74.00	33.92	2.95	0.05	3.93
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	4	50	78.00	34.62	2.89	0.08	3.55
AG <sub>3</sub> [50ppm]	1	50	66.00	36.67	2.73	0.06	3.63
AG <sub>3</sub> [50ppm]	2	50	86.00	37.86	2.64	0.12	3.43
AG <sub>3</sub> [50ppm]	3	50	74.00	37.16	2.69	0.14	2.96
AG <sub>3</sub> [50ppm]	4	50	68.00	35.65	2.81	0.08	3.62
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	1	50	82.00	24.88	4.02	0.04	4.25
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	2	50	66.00	24.49	4.08	0.03	4.13
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	3	50	82.00	25.93	3.86	0.04	4.19
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	4	50	92.00	24.15	4.14	0.06	3.94
AG <sub>3</sub> [100ppm]	1	50	70.00	38.43	2.60	0.09	3.39
AG <sub>3</sub> [100ppm]	2	50	54.00	37.19	2.69	0.13	3.08
AG <sub>3</sub> [100ppm]	3	50	60.00	36.33	2.75	0.06	3.68
AG <sub>3</sub> [100ppm]	4	50	68.00	37.35	2.68	0.17	3.02
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	1	50	74.00	27.24	3.67	0.05	3.94
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	2	50	80.00	24.35	4.11	0.05	3.94
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	3	50	76.00	28.16	3.55	0.06	3.84
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	4	50	92.00	25.67	3.90	0.05	4.13
Escarificación_basal	1	50	82.00	22.51	4.44	0.04	4.18
Escarificación_basal	2	50	94.00	22.83	4.38	0.03	4.44
Escarificación_basal	3	50	88.00	19.93	5.02	0.05	4.04
Escarificación_basal	4	50	88.00	19.43	5.15	0.05	3.93
Imbibición	1	50	48.00	36.25	2.76	0.11	3.09
Imbibición	2	50	60.00	36.47	2.74	0.07	3.52
Imbibición	3	50	60.00	39.67	2.52	0.11	3.12
Imbibición	4	50	60.00	37.03	2.70	0.17	2.80

**Anexo 33. Germinabilidad (%) en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte**

Tratamientos	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
AG <sub>3</sub> [100ppm]	63.00	54.00	70.00	4	7.39	bc
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	80.50	74.00	92.00	4	8.06	ab
AG <sub>3</sub> [50ppm]	73.50	66.00	86.00	4	9.00	abc
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	80.50	66.00	92.00	4	10.76	ab
Escarificación_basal	88.00	82.00	94.00	4	4.90	a
Imbibición	57.00	48.00	60.00	4	6.00	c
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	62.00	58.00	70.00	4	5.66	c
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	69.00	58.00	80.00	4	9.02	bc
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	72.50	66.00	78.00	4	5.00	abc
Testigo	70.50	64.00	76.00	4	6.40	abc

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	9	3276	364.0	6.551	4.02e-05 ***
Residuals	30	1667	55.6		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 34. Tiempo medio de germinación (días) en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte**

Tratamientos	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
AG <sub>3</sub> [100ppm]	37.33	36.33	38.43	4	0.86	a
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	26.36	24.35	28.16	4	1.69	b
AG <sub>3</sub> [50ppm]	36.83	35.65	37.86	4	0.93	a
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	24.86	24.15	25.93	4	0.77	b
Escarificación_basal	21.18	19.43	22.83	4	1.74	c
Imbibición	37.35	36.25	39.67	4	1.58	a
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	37.63	37.14	38.45	4	0.59	a
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	36.58	35.50	37.63	4	0.93	a
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	35.42	33.92	37.21	4	1.46	a
Testigo	36.57	36.00	37.88	4	0.89	a

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	9	1421.3	157.92	107.5	<2e-16 ***
Residuals	30	44.1	1.47		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 35. Velocidad de germinación (%) en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte**

Tratamientos	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
AG <sub>3</sub> [100ppm]	2.68	2.60	2.75	4	0.06	c
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	3.81	3.55	4.11	4	0.25	b
AG <sub>3</sub> [50ppm]	2.72	2.64	2.81	4	0.07	c
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	4.03	3.86	4.14	4	0.12	b
Escarificación_basal	4.75	4.38	5.15	4	0.39	a
Imbibición	2.68	2.52	2.76	4	0.11	c
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	2.66	2.60	2.69	4	0.04	c
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	2.74	2.66	2.82	4	0.07	c
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	2.83	2.69	2.95	4	0.12	c
Testigo	2.74	2.64	2.78	4	0.07	c

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	9	20.25	2.2501	82.29	<2e-16 ***
Residuals	30	0.82	0.0273		
---					
Signif. codes:	0	***	0.001	**	0.01
		*	0.05	.	0.1
					1

**Anexo 36. Índice de sincronización en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte**

Tratamientos	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
AG <sub>3</sub> [100ppm]	0.11	0.06	0.17	4	0.05	a
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	0.05	0.05	0.06	4	0.01	a
AG <sub>3</sub> [50ppm]	0.10	0.06	0.14	4	0.04	a
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	0.04	0.03	0.06	4	0.01	a
Escarificación_basal	0.04	0.03	0.05	4	0.01	a
Imbibición	0.12	0.07	0.17	4	0.04	a
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	0.09	0.06	0.15	4	0.04	a
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	0.11	0.09	0.16	4	0.03	a
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	0.07	0.05	0.08	4	0.01	a
Testigo	0.08	0.04	0.15	4	0.04	a

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	9	0.02947	0.003275	3.153	0.00854 **
Residuals	30	0.03116	0.001039		
---					
Signif. codes:	0	***	0.001	**	0.01
		*	0.05	.	0.1
					1

**Anexo 37. Índice de incertidumbre en los otros tratamientos pregerminativos evaluados en la segunda parte**

Tratamientos	Promedio	Mínimo	Máximo	Repetición	Desv. est.	Significancia
AG <sub>3</sub> [100ppm]	3.29	3.02	3.68	4	0.31	c
AG <sub>3</sub> [100ppm]+E.b.	3.96	3.84	4.13	4	0.12	ab
AG <sub>3</sub> [50ppm]	3.41	2.96	3.63	4	0.31	bc
AG <sub>3</sub> [50ppm]+E.b.	4.13	3.94	4.25	4	0.13	a
Escarificación_basal	4.15	3.93	4.44	4	0.22	a
Imbibición	3.13	2.80	3.52	4	0.30	c
KNO <sub>3</sub> [0.05%p/v]	3.33	2.87	3.78	4	0.38	bc
KNO <sub>3</sub> [0.10%p/v]	3.36	2.97	3.53	4	0.27	bc
KNO <sub>3</sub> [0.20%p/v]	3.70	3.55	3.93	4	0.16	abc
Testigo	3.58	3.15	3.95	4	0.33	abc

Promedios con letras diferentes indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	9	4.803	0.5337	7.488	1.18e-05 ***
Residuals	30	2.138	0.0713		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Anexo 38. Temperatura (°C) registradas durante la germinación de los otros tratamientos pregerminativos (segunda parte)**

<b>Fecha y hora</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Fecha y hora</b>	<b>Temperatura</b>
02-jun 17:51	23.00	25-jun 17:51	26.50
03-jun 05:51	21.00	26-jun 05:51	26.50
03-jun 17:51	21.00	26-jun 17:51	25.00
04-jun 05:51	21.00	27-jun 05:51	25.00
04-jun 17:51	21.50	27-jun 17:51	25.00
05-jun 05:51	21.00	28-jun 05:51	25.00
05-jun 17:51	21.00	28-jun 17:51	26.00
06-jun 05:51	20.50	29-jun 05:51	26.00
06-jun 17:51	21.50	29-jun 17:51	26.00
07-jun 05:51	20.50	30-jun 05:51	25.50
07-jun 17:51	22.00	30-jun 17:51	22.50
08-jun 05:51	21.00	01-jul 05:51	25.50
08-jun 17:51	21.50	01-jul 17:51	24.50
09-jun 05:51	22.00	02-jul 05:51	24.50
09-jun 17:51	22.00	02-jul 17:51	24.50
10-jun 05:51	21.00	03-jul 05:51	24.50
10-jun 17:51	20.50	03-jul 17:51	24.50
11-jun 05:51	20.50	04-jul 05:51	24.50
11-jun 17:51	20.00	04-jul 17:51	25.00
12-jun 05:51	20.00	05-jul 05:51	24.50
12-jun 17:51	22.50	05-jul 17:51	24.50
13-jun 05:51	20.50	06-jul 05:51	24.50
13-jun 17:51	23.50	06-jul 17:51	24.00
14-jun 05:51	22.00	07-jul 05:51	21.50
14-jun 17:51	24.50	07-jul 17:51	23.00
15-jun 05:51	23.50	08-jul 05:51	21.00
15-jun 17:51	24.50	08-jul 17:51	21.50
16-jun 05:51	22.00	09-jul 05:51	20.50
16-jun 17:51	24.00	09-jul 17:51	21.00
17-jun 05:51	21.50	10-jul 05:51	20.00
17-jun 17:51	22.00	10-jul 17:51	21.50
18-jun 05:51	21.00	11-jul 05:51	20.00
18-jun 17:51	21.50	11-jul 17:51	23.00
19-jun 05:51	21.00	12-jul 05:51	20.00
19-jun 17:51	22.50	12-jul 17:51	23.50
20-jun 05:51	21.00	13-jul 05:51	20.50
20-jun 17:51	30.00	13-jul 17:51	24.00
21-jun 05:51	27.00	14-jul 05:51	21.00
21-jun 17:51	25.50	14-jul 17:51	26.00
22-jun 05:51	28.00	15-jul 05:51	21.00
22-jun 17:51	28.50	15-jul 17:51	22.50
23-jun 05:51	27.00	16-jul 05:51	20.50
23-jun 17:51	26.50	16-jul 17:51	22.00
24-jun 05:51	27.00	17-jul 05:51	20.50
24-jun 17:51	26.50		
25-jun 05:51	26.50		