

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“TRATAMIENTO DE OSMOACONDICIONAMIENTO PARA  
AUMENTO DE VIGOR EN SEMILLAS DE AJI ESCABECHE  
(*Capsicum baccatum* var. *pendulum*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**MARÍA FERNANDA MORALES MANRIQUE**

**LIMA- PERÚ**

**2020**

---

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación

(Art. 24 del Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“TRATAMIENTO DE OSMOACONDICIONAMIENTO PARA  
AUMENTO DE VIGOR EN SEMILLAS DE AJI ESCABECHE**

***(Capsicum baccatum var. pendulum)”***

MARÍA FERNANDA MORALES MANRIQUE

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**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. Karin Coronado Matutti  
**MIEMBRO**

**LIMA-PERÚ**

**2020**

**Dedicado a:**

*A mi familia, quienes me apoyaron y alentaron para seguir adelante  
y lograr mis metas con perseverancia.*

*A mi novio, quien me apoyo con su experiencia, sabiduría y paciencia  
para lograr lo que terminó siendo este trabajo.*

*A mis amigos, quienes estuvieron a mi lado ayudando, compartiendo,  
y siendo mi fuente de alegría .*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres. A mi padre por apoyarme en el proceso de experimentación sacrificando sus horas de descanso para acompañarme a la universidad y por interesarse en un tema muy ajeno a su rubro, poniendo ímpetu y dedicación para lograr los resultados deseados. Y a mi madre, quien estuvo al pendiente de mi avance, apoyándome en la medida de sus posibilidades a través de sus conocimientos en redacción y análisis.

Y a mi asesor, Ing. Mg. Sc. Alejandro Ari Pacheco Ávalos, por su comprensión y apoyo en todo este proceso. Muchas gracias por ayudar a lograr mis metas personales, por dar alternativas que permitan seguir con mis planes a futuro en el rubro laboral, y por su tiempo y dedicación durante la redacción de la tesis.

# ÍNDICE GENERAL

## RESUMEN

## ABSTRACT

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1. ANTECEDENTES .....	3
2.1.1. Tratamientos de osmocondicionamiento .....	3
2.2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.2.1. Aspectos generales del cultivo .....	6
2.2.2. Proceso de germinación .....	7
2.2.3. Salinidad .....	9
2.2.4. Índice de germinación .....	11
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	13
3.1. UBICACIÓN .....	13
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS .....	13
3.2.1. Material vegetal .....	13
3.2.2. Materiales de laboratorio .....	13
3.2.3. Sales .....	13
3.2.4. Equipos .....	13
3.2.5. Otros materiales .....	14
3.3. METODOLOGÍA .....	14
3.3.1. Evaluación Previa .....	14
3.3.2. Fase I. Evaluación de soluciones salinas y tiempos de acondicionamiento de las semillas. ....	14
3.3.3. Fase II. Germinación de semillas osmoacondicionadas bajo diferentes niveles de salinidad .....	16

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	18
4.1. CONDICIONES INICIALES DE LA SEMILLA.....	18
4.2. CONDICIONES AMBIENTALES: TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE LAS FASES 1 Y 2.....	18
4.3. TRATAMIENTO DE OSMOACONDICIONAMIENTO.....	20
4.3.1. Fase 1: Índices de germinación en condiciones hídricas óptimas para el riego. Análisis de resultados.....	20
4.3.2. Fase 1: Índices de germinación en condiciones hídricas óptimas para el riego. Discusión de resultados.....	32
4.3.3. Criterios de selección de tratamientos para la fase 2.....	36
4.3.4. Fase 2: Índices de germinación en condiciones salinas para el riego. Análisis de resultados.....	36
4.3.5. Fase 2: Índices de germinación en condiciones salinas para el riego. Discusión de resultados.....	52
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	55
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	56
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	57
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Tratamientos empleados en la fase 1.....	14
<b>Tabla 2:</b> Tratamientos empleados en la fase 2.....	16
<b>Tabla 3:</b> Resultados promedio obtenidos para la variable “Germinabilidad” (G), “Tiempo Medio de Germinación” (MGT) y “Velocidad de Germinación” (GSP) Fase 1.....	21
<b>Tabla 4:</b> Promedios de resultados para la variable “Tiempo medio de germinación Fase 1” .....	23
<b>Tabla 5:</b> Promedios de resultados para la variable “Velocidad de germinación-Fase 1” .....	25
<b>Tabla 6:</b> Promedios de resultados para la variable “Índice de Incertidumbre”-Fase 1 .....	27
<b>Tabla 7:</b> Resultados promedio obtenidos para la variable “Índice de Incertidumbre” (UNC) e “Índice de Sincronización” (SYN) - Fase 1.....	29
<b>Tabla 8:</b> Promedios de resultados para la variable “Índice de sincronización”-Fase 1 .....	31
<b>Tabla 9.1:</b> Resultados de Germinabilidad (%) de tratamiento testigo vs. Tratamientos de osmoacondicionamiento-Fase 2.....	37
<b>Tabla 9.2:</b> Promedios de resultados para la variable “Germinabilidad”-Fase 2.....	38
<b>Tabla 10:</b> Resultados promedio obtenidos para la variable “Germinabilidad” (G), “Tiempo Medio de Germinación” (MGT) y “Velocidad de Germinación” (GSP) Fase 2.....	40
<b>Tabla 11.1:</b> Resultados de Tiempo de Germinación (horas) de tratamiento Testigo vs. tratamiento de Osmoacondicionamiento-Fase 2 .....	42
<b>Tabla 11.2:</b> Promedios de resultados para la variable “Tiempo Medio de Germinación”-Fase 2.....	42
<b>Tabla 12.1:</b> Resultados de Velocidad de Germinación de tratamiento Testigo vs. tratamiento de Osmoacondicionamiento-Fase 2.....	45

<b>Tabla 12.2:</b> Promedios de resultados para la variable “Velocidad de Germinación” Fase 2.....	45
<b>Tabla 13.1:</b> Resultados de Índice de Incertidumbre de tratamiento Testigo vs. tratamiento de Osmoacondicionamiento -Fase 2. ....	47
<b>Tabla 13.2:</b> Promedios de resultados para la variable “Índice de Incertidumbre” -Fase 2.....	47
<b>Tabla 14:</b> Resultados promedio obtenidos para la variable “Índice de Incertidumbre” (UNC) e “Índice de Sincronización” (SYN) - Fase 2.....	49
<b>Tabla 15.1:</b> Resultados de Índice de Sincronización de tratamiento Testigo vs. tratamiento de Osmoacondicionamiento-Fase 2. ....	51
<b>Tabla 15.2:</b> Promedios de resultados para la variable “Índice de Sincronización” Fase 2.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Temperaturas registradas durante las fechas de evaluación-Fase 1.....	19
<b>Figura 2:</b> Temperaturas registradas durante las fechas de evaluación-Fase 2.....	19
<b>Figura 3:</b> Diagrama de cajas de la variable “Germinabilidad”-Fase 1.....	20
<b>Figura 4:</b> Diagrama de cajas de la variable “Tiempo medio de germinación”-Fase 1.....	24
<b>Figura 5:</b> Diagrama de cajas de la variable “Velocidad de germinación”-Fase 1.....	26
<b>Figura 6:</b> Diagrama de cajas de la variable “Índice de Incertidumbre”-Fase 1.....	28
<b>Figura 7:</b> Diagrama de cajas de la variable “Índice de Sincronización”-Fase 1.....	31
<b>Figura 8:</b> Diagrama de cajas de la variable “Germinabilidad”-Fase 2.....	39
<b>Figura 9:</b> Diagrama de cajas de la variable “Tiempo Medio de Germinación”-Fase 2.....	43
<b>Figura 10:</b> Diagrama de cajas de la variable “Velocidad de Germinación”-Fase 2.....	46
<b>Figura 11:</b> Diagrama de cajas de la variable “Índice de Incertidumbre”-Fase 2.....	48
<b>Figura 12:</b> Diagrama de cajas de la variable “Índice de Sincronización”-Fase 2.....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Prueba de germinación .....	69
<b>Anexo 2:</b> Equipo de oxigenación .....	69
<b>Anexo 3:</b> Cubierta de semillas en placa Petri con papel toalla .....	70
<b>Anexo 4:</b> Rotulado de placas Petri .....	70
<b>Anexo 5:</b> Semillas infectadas con <i>Phytium sp.</i> .....	71
<b>Anexo 6:</b> Semillas infectadas con <i>Phytium sp.</i> .....	71
<b>Anexo 7:</b> Semilla con mancha en la testa.....	71
<b>Anexo 8:</b> Semilla sin mancha germinada.....	72
<b>Anexo 9:</b> Semilla con mancha germinada.....	72
<b>Anexo 10:</b> Semillas germinadas en el tratamiento T1S0F2 .....	72
<b>Anexo 11:</b> Semillas germinadas en el tratamiento T1S1F2 .....	73
<b>Anexo 12:</b> Semillas germinadas en el tratamiento T1S2F2 .....	73
<b>Anexo 13:</b> Semillas germinadas en el tratamiento T1S4F2 .....	73
<b>Anexo 14:</b> Tabla de temperaturas registradas en las evaluaciones-Fase 1.....	74
<b>Anexo 15:</b> Tabla de temperaturas registradas en las evaluaciones-Fase 2.....	75
<b>Anexo 16.A:</b> Tabla de resultados obtenidos en la Fase 1 según las variables en estudio. ....	76
<b>Anexo 16.B:</b> Tabla de resultados obtenidos en la Fase 1 según las variables en estudio. ....	77
<b>Anexo 16.C:</b> Tabla de resultados obtenidos en la Fase 1 según las variables en estudio. ....	78
<b>Anexo 16.D:</b> Tabla de resultados obtenidos en la Fase 1 según las variables en estudio. ....	79
<b>Anexo 17:</b> Tabla de ANOVA para la variable “Germinabilidad”-Fase 1.....	80

<b>Anexo 18:</b> Tabla de ANOVA para la variable “Tiempo Medio de Germinación” -Fase 1 .....	80
<b>Anexo 19:</b> Tabla de ANOVA para la variable “Velocidad de Germinación” -Fase 1.....	80
<b>Anexo 20:</b> Tabla de ANOVA para la variable “Índice de Incertidumbre” -Fase 1 .....	81
<b>Anexo 21:</b> Tabla de ANOVA para la variable “Índice de Sincronización” -Fase 1 .....	81
<b>Anexo 22.A:</b> Tabla de resultados obtenidos en la Fase 2 según las variables en estudio .....	82
<b>Anexo 22.B:</b> Tabla de resultados obtenidos en la Fase 2 según las variables en estudio .....	83
<b>Anexo 22.C:</b> Tabla de resultados obtenidos en la Fase 2 según las variables en estudio .....	84
<b>Anexo 22.D:</b> Tabla de resultados obtenidos en la Fase 2 según las variables en estudio .....	85
<b>Anexo 22.E:</b> Tabla de resultados obtenidos en la Fase 2 según las variables en estudio .....	86
<b>Anexo 23:</b> Tabla de ANOVA para la variable “Germinabilidad” -Fase 2.....	87
<b>Anexo 24:</b> Tabla de ANOVA para la variable “Tiempo Medio de Germinación” -Fase 2 .....	87
<b>Anexo 25:</b> Tabla de ANOVA para la variable “Velocidad de Germinación” -Fase 2.....	87
<b>Anexo 26:</b> Tabla de ANOVA para la variable “Índice de Incertidumbre” -Fase 2 .....	88
<b>Anexo 27:</b> Tabla de ANOVA para la variable “Índice de Sincronización” -Fase 2 .....	88

## RESUMEN

La investigación ha sido realizada en la Universidad Nacional Agraria La Molina con el objetivo de analizar el efecto del osmoacondicionamiento en la germinación de las semillas de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*). En la primera fase se probaron los tratamientos de osmoacondicionamiento empleando 4 solutos ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3M,  $\text{KNO}_3$  0.4M y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M) y 4 tiempos de imbibición (3, 6, 9 y 12 días), bajo condiciones hídricas óptimas durante la germinación. El factor con mayor variabilidad fue el Tiempo de Imbibición, siendo un mayor tiempo de imbibición favorable para el osmoacondicionamiento. El mejor tratamiento fue  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3M-12DDI resaltando para el Tiempo Medio de Germinación (6.9 horas), equivale a la quinta parte del tiempo testigo. Para la segunda fase se emplearon los tratamientos de osmoacondicionamiento  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M-12DDI,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3M-12DDI,  $\text{KNO}_3$  0.4M-12DDI y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M-12DDI, bajo condiciones salinas durante la germinación (0, 1, 2 y 4 dS/m). Se observaron diferencias significativas entre las condiciones salinas y no salinas; sin embargo, el osmoacondicionamiento favoreció a la germinación bajo las condiciones salinas, registrándose un aumento de la diferencia con el testigo, a la par que aumenta la salinidad. El tratamiento de osmoacondicionamiento ha favorecido la germinación, sea bajo condiciones óptimas o salinas, al obtener una mejora en las variables “Porcentaje de Germinación”, “Tiempo Medio de Germinación” y “Velocidad de Germinación”.

**Palabras claves:** Osmoacondicionamiento, Tiempo de Imbibición, Salinidad,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ .

## ABSTRACT

The study was carried out at the National Agrarian University of La Molina to analyze the effect of the halopriming in the germination of pickled bell pepper (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) seeds. In the first phase, 4 halopriming treatments were tested, using combinations of 4 solutes ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3M,  $\text{KNO}_3$  0.4M and  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M) and 4 imbibition times (3, 6, 9 and 12 days), under optimal hydric conditions during germination. The highest variability was recorded for the factor Imbibition Time, being a longer time favorable for halopriming treatments. The best treatment was registered with  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3M-12DDI, which obtained the best results for all variable and, above all, for the Mean Germination Time (6.9 hours), equivalent to a fifth of the control time (30.2 hours). For the second phase, the halopriming treatments  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M-12DDI,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3M-12DDI,  $\text{KNO}_3$  0.4M-12DDI and  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M-12DDI were used under saline conditions (0, 1, 2 and 4 dS/m) during germination. Significant differences were observed between saline and non-saline conditions. Halopriming treatment favored germination under saline conditions, recording stronger differences as the salinity increases. The halopriming treatment has favored germination, either under optimal or saline conditions, by obtaining an improvement in the variables "Germination Percentage", "Average Germination Time" and "Germination Speed".

**Key words:** halopriming, imbibition time, salinity,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$

## I. INTRODUCCIÓN

Las semillas son reconocidas como el principal medio de propagación y fuente de variabilidad genética de las especies vegetales, desempeñan una función importante en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones. Es por ello que es importante identificar una óptima capacidad germinativa, en especial, bajo condiciones ambientales adversas como salinidad y alta temperatura. Para la producción de cultivos, los criterios que definen la calidad comercial del lote de semillas son la Germinabilidad y Tiempo Medio de Germinación, factores vinculados con el grado de vigor, el cual permite indicar la capacidad y actividad de la semilla durante la germinación y emergencia (Pérez y Pita, 2001). Aunque, en la actualidad, se están incluyendo variables como Velocidad de Germinación, Índice de Incertidumbre e Índice de Sincronización con el fin de satisfacer la necesidad en definir, con exactitud y precisión, la dinámica de la semilla durante la germinación de una manera cuantitativa (Ranal y Santana, 2006). Ambos criterios son necesarios para medir la calidad agronómica de las semillas.

La calidad del agua es uno de los factores que afectan a la germinación. Dentro de este punto, la salinidad afecta a la germinación en mayor medida. Una alta concentración de sales en el agua reducen la disponibilidad de agua libre conlleva a un efecto osmótico que repercute en la hidratación de la semilla, alterando la germinación (Porta *et al.*, 1999; Lauchli y Grattan, 2007; Ibrahim, 2015). Esta respuesta de la semilla a medios salinos repercute en la instalación del cultivo al disminuirse el número de plantas instaladas, por lo que conlleva a un aumento en el lote de semillas requerido para contrarrestar las pérdidas ocasionadas por la salinidad.

Debido al aumento de condiciones adversas en áreas agrícolas, como la salinidad, se han investigado nuevas técnicas para la máxima calidad comercial, sea bajo condiciones óptimas o adversas para el cultivo. Con este objetivo en mente, se han empleado diversos tratamientos. Entre ellos se encuentra el osmoacondicionamiento, tratamiento que permite mejorar la calidad fisiológica de la semilla a través de uniformidad, rapidez y sincronización en la germinación (Marín, 2007). Esta mejora se obtiene a través de la hidratación parcial de la semilla para inducir a una activación metabólica y enzimática en la semilla durante la fase de recesión, sin que se logre la emergencia de la radícula (Moreno y Jimenez, 2013).

El género *Capsicum*, junto a otras hortalizas, han sido las principales especies utilizadas como testigos para estos tratamientos por ser cultivos que requieren semillas para su instalación. En estos estudios se han obtenido resultados exitosos con respecto la rapidez y aumento del porcentaje de germinación (Heydecker, 1972; Brocklehurst y Dearman, 1983; Nascimiento y West, 1999; Khan *et al.*, 2009b; Quintero *et al.*, 2017; Ozbay, 2018;).

El ají escabeche registra una demanda creciente durante los últimos años. Los ajíes nativos peruanos se encuentran como el sexto producto más exportado, dentro de la categoría de cultivos no tradicionales (¿Cuánto ají consumen los peruanos al año?, 2017), destacando el ají escabeche con un crecimiento en las exportaciones (43%) hasta el 2017. Según Albújar (2019), escritor del boletín “El Agro en Cifras” del MINAGRI, se registran 4040 hectáreas destinadas a la producción de este ají, y se observa un crecimiento en la extensión de terrenos para la producción del cultivo a nivel nacional (12.5%) en el año 2019. Para el caso de esta especie, *Capsicum baccatum* var. *pendulum* (ají escabeche), su baja tasa de uniformidad germinativa (Andrade y Laurentín, 2015) y alto requerimiento de tiempo para iniciar la germinación (Nicho, 2003), lo hace un cultivo óptimo para evaluar la eficiencia del osmoacondicionamiento en semillas.

En el presente estudio se probaron tratamientos de osmoacondicionamiento tipo halopríming (uso de sales como solutos en las soluciones de inmersión) para analizar las mejoras en la germinación de semillas para la especie *Capsicum baccatum* var. *pendulum*, según las variables Germinabilidad, Tiempo Medio de Germinación, Velocidad de Germinación, Índice de Incertidumbre e Índice de Sincronización bajo condiciones hídricas óptimas y salinas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. ANTECEDENTES

#### 2.1.1. Tratamientos de osmocondicionamiento

El tratamiento de acondicionamiento de semillas consiste en la inducción, previa a la siembra, a un estado fisiológico que permite la germinación de manera más eficiente por parte de la semilla (Heydecker y Coolbear, 1977; Debbarma y Shubhashree, 2017), controlando la hidratación a través del tiempo de inmersión con el fin de activar el metabolismo durante las fases tempranas de la germinación, sin generar una emergencia de la radícula (Brocklehurst y Dearman, 1983; Cantliffe *et al.*, 1984; Thornton y Powell, 1992; Hussain *et al.*, 2019). Este proceso ayuda mejorar la germinación al aumentar la uniformidad junto con el vigor, propiedades de la semilla que determinan la actividad y comportamiento de esta durante la germinación (International Seed Testing Association, 2014), reflejándose en la instalación del cultivo y rendimiento (Brocklehurst y Dearman, 1983; McDonald, 2000), al facilitar la germinación y emergencia bajo condiciones adversas como en agua salina (Amjad *et al.*, 2007), aumenta el rango de temperatura tolerable y reducción dormancia en algunas especies (Heydecker, 1972; Valdes y Bradford, 1987; Ozbay, 2018).

El acondicionamiento, también conocido como priming, está compuesto de varias técnicas vinculadas a la osmosis, hidratación, centrifugación, uso de reguladores de crecimiento y compuesto orgánicos (Ozbay, 2018; Heydecker, 1972). Una de las técnicas más usadas es el osmoacondicionamiento u halopriming. Este tipo de acondicionamiento consiste en la inmersión de las semillas en soluciones de sales inorgánicas por un determinado tiempo (Windauer *et al.*, 2007; Ghassemi-Golezani, 2008). La eficiencia del tratamiento depende de la especie, tipo y concentración de la sal, oxigenación, tiempo de imbibición y temperatura (Brocklehurst y Dearman, 1983; Khan *et al.*, 2009a).

En trabajos realizados en maíz, Valle-Moysén *et al.* (2017) encontraron mejoras en germinabilidad, y peso y longitud de radícula y plántula al realizarse un tratamiento de osmoacondicionamiento con PEG (30%) y Nitrato de Potasio (3%) y Ácido Giberélico (0.01%) con una inmersión de 6 horas.

En semillas de melón osmoacondicionadas con Nitrato de Potasio (0.35 M) se observaron resultados favorables, induciendo a una germinación más temprana que las no tratadas, con una diferencias de 16 horas bajo condiciones de laboratorio (25 °C). Bajo condiciones favorables (17 °C), la diferencia del tiempo de germinación entre semillas tratadas y no tratadas fue de 60 horas y se obtuvo una diferencia del 20 por ciento en la tasa de germinabilidad a favor de las semillas tratadas. (Nascimento y West; 1999).

También se tienen registros de éxito en el uso de tratamientos de osmoacondicionamiento en semillas de espárrago, donde los resultados demostraron un aumento en el porcentaje de germinación, y un aumento en la velocidad de germinación en un 50 por ciento al ser tratadas con Nitrato de Sodio (0.2 M) (Frett *et al.*, 1991).

Las especies de la Familia Solanaceae, como tomate y ají, fueron empleadas para comprobar la efectividad de los tratamientos de osmoacondicionamiento ya que presentan semillas con baja uniformidad de germinación. Estos tratamientos estuvieron a base de sales e hidratación moderada con agua. Para el caso del tratamiento con la técnica halopriming, se empleó cloruro de sodio (NaCl) en diferentes dosis para lograr conductividades de 1, 2, 3 y 4 dS/m; y para el tratamiento que empleó la técnica de hidropriming emplearon agua destilada, la cual registra una conductividad de 0 dS/m. Para ambos casos (halopriming y hidropriming), el tiempo de imbibición fue de 18 horas. Se obtuvo mejores resultados a favor de las semillas tratadas con cloruro de sodio con respecto al porcentaje de germinación, vigor de semilla y tiempo medio de germinación (Ahmed *et al.*, 2016). Los mismos resultados fueron obtenidos con las semillas de trigo (Hamidi *et al.*, 2013).

Se han tenido resultados exitosos con la técnica de osmoacondicionamiento en las semillas de tomate, destacando el tratamiento con Nitrato de Sodio (0.2 M) para el aumento de la velocidad de germinación (Frett *et al.*, 1991); mientras que con el Nitrato de Potasio (0.002 M) se logró un aumento en el porcentaje y velocidad de germinación (Moreno y Jimenez, 2013).

Tratamientos de osmocondicionamiento realizados en semillas de pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) demostraron que el Nitrato de Potasio a 300 Mm redujo el tiempo de germinación de las semillas en 50 por ciento (Ozby, 2018).

Maiti *et al.* (2013) han reportado que el tratamiento de semillas de pimiento con  $\text{KNO}_3$  (3%), más una inmersión por 40 horas bajo condiciones normales, aumenta la velocidad de emergencia, vigor y longitud radicular. Por su parte, Dutta *et al.* (2015) reporta que las semillas de pimiento tratadas con solución de  $\text{KNO}_3$  (1%) obtuvieron los valores más alto de porcentaje de germinación. Comparando con tratamientos de hidratación, los plantines de pimientos obtenidos de los tratamientos con halopriming presentaron un mayor índice de vigor, mayor elongación de radícula y epicotilo.

El chile piquín (*Capsicum annuum* var. *gabriusculum*) es una variedad nativa de México la cual se caracteriza por tener un alto porcentaje de semillas latentes afectando la germinabilidad. Es por ello que se realizaron tratamientos de osmocondicionamiento para aumentar la germinabilidad, logrando un aumento porcentual de la tasa de germinabilidad a través de esta técnica, destacando la solución de Nitrato de Potasio con potencial osmótico de -15 atm (Quintero *et al.*, 2017).

En las investigaciones vinculadas al osmocondicionamiento, se ha demostrado la importancia del tiempo de inmersión como factor determinante en la eficiencia del tratamiento.

En el caso de las semillas de la especie *Capsicum annum*, también conocida como chile ancho, se obtuvieron mejoras en el vigor en la germinación al ser tratadas osmóticamente. Se observó que la variable “Tiempo de Inmersión” generó variabilidad en los resultados, obteniendo un mayor porcentaje de germinación en las semillas que estuvieron inmersas por 9 horas en a comparación de las otras semillas estuvieron inmersas por 0, 6 y 12 horas. Se presentó un aumento del 30 por ciento en el porcentaje de germinación para el caso del tratamiento 750 ppm de PEG + 500 ppm de AG3 con 9 horas de inmersión, a comparación del testigo (Cortez-Baheza *et al.*, 2011). Ruíz *et al.* (2004) obtuvieron un aumento en la misma variable con el tratamiento PEG 8000 con un tiempo de inmersión de 12 horas al presentar mejoras en un 23 por ciento a comparación de los demás tratamientos.

En los estudios para aumentar el vigor con referencia al tiempo medio de germinación (MGT) en la especie *Paspalum vaginatum* a través de inmersión de semillas en soluciones

salinas de Nitrato de Potasio (0.2 y 0.5%) en un tiempo determinado (1, 2 y 3 días), resultando como mejor tratamiento que el que presentó mayor tiempo de inmersión. Shim *et al.* (2008) indicaron la importancia de considerar el tiempo de inmersión más que la concentración de la sal en la solución ya que genera mayor significancia entre los resultados.

Para el caso del efecto del osmoacondicionamiento en variedades de la especie *Brassica oleracea*, se demostró que el tiempo de osmoacondicionamiento no es el mismo para todas las variedades. Algunas presentan sensibilidad a la exposición de sales. Por lo que es importante definir el tiempo correcto en donde no se genera daños por toxicidad en las semillas, y que favorezca el aumento de vigor brindado por el tratamiento (Moran-Aguilar *et al.*, 2006).

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Aspectos generales del cultivo**

El género *Capsicum* se encuentra en Centro y Sudamérica, correspondiente a las zonas tropicales y húmedas. Conformado por las especies *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. frutescens*, *C. chinensis* y *C. pubescens* (Vavilov, 1951; Menichini *et al.*, 2009; Govindarajan *et al.*, 1986). Nicho (2003) menciona que este género incluye alrededor de 25 especies, teniendo como centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, correspondiendo a las áreas de Bolivia-Perú.

#### **a. *Capsicum baccatum* var. *pendulum*.**

Es una especie que pertenece al género *Capsicum*, cuyo origen se sugiere en Sudamérica, probablemente en Perú (Nicho, 2003; Albrecht, 2012). Se caracterizan por ser pequeños arbustos extendidos de 1-1.5 m de alto, principalmente glabros, algunas veces pubescentes; una flor por nudo, frutos de color café, rojo, naranja, o amarillo limón, pendientes, persistentes, de pulpa firme, de varias formas, normalmente alargados, muy raramente globosos; semillas de color crema a amarillo (Eshbaugh, 1970). Produce frutos alargados, anaranjados y picantes, siendo esta última característica la cualidad que ha convertido a esta especie como un ingrediente importante en la gastronomía peruana; y valorado como un carácter medicinal en los países de China e India (Meghvansi *et al.*, 2010). Las zonas de producción están distribuidas a lo largo de la Costa Peruana desde Tacna hasta Tumbes

(Nicho, 2003), específicamente en Ica, La Libertad, Tacna, Loreto, Lima; Huaral y Barranca (Albújar, 2019).

La especie *Capsicum baccatum* var. *pendulum* requiere entre 8 a 12 días para su germinación, con temperaturas que oscilen entre los 18-32 °C, teniendo como temperatura óptima 27 °C (Nicho, 2003). Sin embargo, Montes *et al.* (2008) y Andrews (1985) menciona que la germinación se da en un período de 9 a 12 días, entre los 20 y 30°C.

Se indica que el máximo valor de salinidad del suelo, bajo el cual, no existe disminución en el rendimiento es de 2 dS/m, conforme este valor se incrementa en una unidad, existe una disminución del orden del 14 por ciento (Zúñiga, 2006).

### **2.2.2. Proceso de germinación**

La semilla es la estructura botánica fundamental para el establecimiento del cultivo. Es el resultado de la polinización, conformada por un óvulo fecundado y maduro, sustancias de reserva y capa protectora. Requiere estar madura. En el caso de las semillas que presenten estas cualidades, se pueden considerar como estructura viable para la germinación. (Hartmann *et al.*, 2014).

La germinación es considerada, según la ISTA (2004), como el establecimiento de un estado metabólicamente activo, manifestado fisiológicamente por la división celular y por la diferenciación; también se considera que una semilla ha germinado cuando a partir de ella se origina una planta adulta capaz de alcanzar la fase reproductora; es decir, capaz de producir nuevas semillas, desde el punto de vista agronómico (Duran-Altisent y Pérez-García, 1984). Consiste en el ingreso del agua a las semillas y culmina con el inicio de la elongación radicular (Pérez y Pita, 1998). Para la germinación es necesario que la semilla sea viable (embrión vivo), se encuentre en condiciones ambientales óptimas (agua, temperatura, oxígeno, etc.) y haber culminado el estado de quiescencia (Matílla, 2008). La germinación consiste en 3 fases:

**a. Imbibición.** Después de la fase de desarrollo, la semilla presenta bajos porcentajes de humedad, generando esto un alto potencial hídrico (-350 a -100 MPa). El potencial hídrico es elemental para el proceso, ya que inducirá el ingreso del agua a través de la capa protectora (Matílla, 2008). La imbibición es muy alta durante los primeros 10 a 30 minutos, pero se disminuye con el pasar del tiempo y prolongándose entre 5 a 10 horas

más, según el tamaño de la semilla y el compuesto predominante en las reservas de la semilla; cuando los carbohidratos son los predominantes el proceso toma más tiempo que en el caso de proteínas (Hartmann *et al.*, 2014). A pesar del ingreso de agua a la semilla, se forma una frontera húmeda que delimita la zona externa humedecida y la zona interna seca. Al momento de la imbibición se reactiva el metabolismo generando ATP, y la respiración la cual inicia siendo anaeróbica por la impermeabilidad de la membrana para luego tornarse aeróbica (Matfílla, 2008).

**b. Fase de recesión.** Fase más activa fisiológicamente, involucra el inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, disociación de reservas complejas a compuestos simples (Suaréz y Melgarejo, 2010), translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión, además de síntesis de enzimas para romper la pared celular del embrión; concluyendo en una preparación para la germinación (Hartmann *et al.*, 2014). En esta fase se reconoce una disminución en la absorción de agua, y es considerada la fase que definirá el desarrollo celular de la radícula, la cual ocurre en la última fase (Pérez y Pita, 1998).

**c. Emergencia de la radícula.** Proceso por el cual inicia el crecimiento y emergencia de la radícula o el eje embrionario en paralelo al incremento de la actividad metabólica (Pérez y Pita, 1998), culminando al atravesar los tejidos envolventes y pasan de un metabolismo anaerobio a aerobio. Indica el final de la germinación y el inicio de la emergencia de la plántula (Hartmann *et al.*, 2014). Esta fase implica un elevado gasto de energía obtenida de la movilización de nutrientes, demostrando el estrecho vínculo con la fase previa a esta.

#### 2.2.4. Salinidad

La salinidad consiste en altas concentraciones de sales orgánicas disueltas en el agua (Chaman, 2008), aumentando la presión osmótica al reducir la disponibilidad de agua libre lo cual conlleva a repercusiones sobre la vegetación (interfiere en el crecimiento de la mayoría de los cultivos y otras plantas no tolerables a este medio) (Porta *et al.*, 1999).

La salinidad altera la fisiología y metabolismo de la planta. La alta concentración de sales ocasiona un desequilibrio iónico, estrés osmótico (Alcaraz, 2012), toxicidad y desorden nutricional (Läuchli y Epstein, 1990). Estudios en diferentes especies han demostrado un efecto negativo de la salinidad sobre el proceso germinativo (Kent y Läuchli, 1985; Badia y Meiri, 1994; Mauromicale y Licandro (2002) en Läuchli y Grattan, 2007), en donde destacan alteraciones en procesos biológicos como la germinación de la semilla debido a las cantidades excesivas de sal en el medio, específicamente en la velocidad de imbibición de la germinación (Fuentes *et al.*, 2006). Los procesos de división y alargamiento celular, así como la movilización de las reservas también pueden verse alterados (González y Ramírez, 1996).

Sin embargo, la semilla registra una determinada tolerancia según la especie a la que pertenezca (Läuchli y Grattan, 2007). Läuchli y Epstein (1990) menciona la importancia de la tolerancia para sobrevivir en la fase de germinación, la cual varía según la especie, genotipo, edad de la planta, fuerza iónica y la composición de la solución salinas. Aunque este sistema de defensa no asegura una obtención de resultados que igualen a los obtenidos bajo condiciones óptimas.

Basados en las investigaciones relacionadas al comportamiento de semillas bajo condiciones salinas, se ha corroborado la disminución del porcentaje de germinación cada que aumenta la concentración salina en el medio aunque se puede observar la tolerancia hasta cierta concentración. En el caso de la maracuyá (*Passiflora edulis*), el porcentaje de germinación disminuye en un 40 por ciento al aumentar la concentración de 2.5 dS/m a 4.5 dS/m; aunque el tiempo de inicio de germinación no es afectado por este factor (Meza *et al.*, 2007).

Los mismo se corrobora en los estudios de Jacobsen *et al.* (1997), donde se estudia el efecto de la salinidad en la germinación de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*), cultivo considerado tolerante a la salinidad. Se comprobó que las semillas de esta especie toleran altas concentraciones al no alterarse la germinabilidad; sin embargo, alteraciones en la variable se presentan, de manera significativa, a partir de los 350 mM. Para el caso de una concentración de 600mM, el porcentaje de germinación disminuye en un 50 por ciento a comparación de la tasa inicial.

Camejo y Torres (2000) evaluaron el efecto de la salinidad en la germinación de semillas de las variedad de tomate INCA-17 e INCA-19 (*Lycopersicon esculentum*) a diferentes concentraciones (0, 50, 100 y 150 mM). Se obtuvo una tolerancia a 50 mM por parte de la variedad INCA-17 y 100mM para la variedad INCA-19. Estas concentraciones son como límites en donde el porcentaje de germinación se mantiene igual que el testigo (0 mM). También se observó un retraso en el tiempo de inicio de la germinación desde la concentración 150 mM para la variedad INCA-19; sin embargo, en la variedad INCA-17 no se presentó dicho retraso demostrando que la tolerancia ante la salinidad varía según la variedad seleccionada y de la concentración de Cloruro de Sodio en el medio externo.

En el caso de *Capsicum annum* variedad Papri King, se observó similitud con respecto al tiempo de inicio de germinación al comparar las semillas expuestas a concentraciones salinas de 0, 5, 10, 25 y 50 mM. Sin embargo, en las concentraciones de 100 y 200 mM, la germinación tardó 2 días más; aunque en todos los casos se logró una de germinación del lote completo. Para el caso de la variedad Papri Queen, la diferencia en el tiempo de inicio fue de 2 días bajo las concentraciones de 100 y 200 mM. Con respecto al tiempo de finalización y logro el 100 por ciento de porcentaje de germinación, en las semillas de la variedad Papri King expuestas a 100mM germinaron 2 días antes que el testigo; y 1 día antes para el caso de la variedad Papri Queen expuesta a 50mM (Chaman, 2008).

### 2.2.5. Índice de germinación

Existen diferentes métodos y fórmulas matemáticas para medir el proceso de germinación donde evalúan la germinabilidad y otros aspectos cuantificables durante el proceso de germinación.

El tiempo, la tasa de germinación, la homogeneidad y la sincronía son aspectos importantes que pueden medirse, y pueden ser empleados para definir con mayor exactitud la eficacia de la germinación, y poder discernir la efectividad existente entre cada tratamiento. La expresión de estas características resulta importante para predecir el posible grado de éxito en la propagación de una especie (Bautista, 2018).

**a. Germinabilidad (GRP).** Labouriau (1983) menciona que la germinabilidad es la cantidad de semillas que han culminado su proceso de germinación con la emergencia de un embrión vivo. Es un dato cuantitativo binario donde se consideran semillas germinadas y no germinadas (Ranal y Garcia de Santana, 2006). Es una de las variables con mayor importancia en las investigaciones de este rubro. 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.

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

**b. Tiempo medio de germinación (MGT).** Expresa el tiempo promedio que toma para la máxima germinación del lote de semillas sembrado (Ranal y García de Santana, 2006). Se calcula como la media del tiempo empleado (horas, días). 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. Orchard (1977) menciona que es considerado indicador del rango de germinación.

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

c. **Velocidad de germinación (GSP).** Medida que expresa la velocidad que toma el lote de semillas en germinar en un margen de tiempo definido por el evaluador. Later *et al.*, (1968) la definieron a partir del coeficiente de Kotowski. Es recíproca al tiempo medio de germinación. 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. Se expresa en porcentaje.

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

d. **Índice de incertidumbre (UNC).** Indica el grado de incertidumbre que tiene la frecuencia y distribución de germinación, mide el grado de dispersión a través del tiempo. Un cambio en el número de semillas germinadas puede cambiar el valor del índice (Campbell *et al.*, 2020). Si se presentan pocos picos indica una mayor concentración en el tiempo. Altos valores indican una menor concentración en el tiempo. 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 (Ranal y Garcia de Santana, 2006).

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

e. **Índice de sincronización (SYN).** Determina la superposición que se da entre las semillas germinadas. Si tienden a 1, indica que las semillas han germinado al mismo tiempo; en cambio, si tiende a 0 hace referencia a una mayor distribución en el tiempo con respecto a la germinación (Primack, 1980). 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 (Ranal y Garcia de Santana, 2006).

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

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.3. UBICACIÓN**

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.

#### **3.4. MATERIALES Y EQUIPOS**

##### **3.2.1. Material vegetal**

- Semillas de ají escabeche

##### **3.2.2. Materiales de laboratorio**

- Beaker de 200 mL
- Probeta de 50 mL
- Agua destilada
- Placas Petri

##### **3.2.3. Sales**

- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (0.3M)-Nitrato de Calcio dihidratado
- $\text{K}_2\text{HPO}_4$  (0.3M)-Hipofosfato de Potasio
- $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0.4M)-Sulfato de Potasio
- $\text{KNO}_3$  (0.4M)- Nitrato de Potasio
- NaCl (0.00, 0.05, 0.1 y 0.2 M)-Cloruro de Sodio

##### **3.2.4. Equipos**

- Estufa de secado serie ED-Binder
- Analizador de humedad MA37-Sartorius

### 3.2.5. Otros materiales

- Bombas de aire
- Mangueras de 2 mm de diámetro
- Envases de plástico de 100 mL

## 3.5.METODOLOGÍA

### 3.3.1. Evaluación Previa

Se inició la investigación realizando una prueba de germinación al lote de semillas de ají escabeche. Se colocaron 20 semillas en una placa Petri (Anexo 1), luego fueron cubiertas con papel toalla por ambos lados y humedecidas hasta observar un menisco de agua en la placa. Se realizaron 4 repeticiones, y fueron colocadas en una cámara de germinación a 25 °C. Fueron humedecidas cada 2 días, según el requerimiento.

### 3.3.2. Fase I. Evaluación de soluciones salinas y tiempos de acondicionamiento de las semillas.

#### a. Tratamientos.

Tabla 1: Tratamientos empleados en la fase 1

Factor A: Sales	Factor B: Tiempos de imbibición
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O 0.3M	3 horas
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	6 horas
KNO <sub>3</sub> 0.4M	9 horas
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	12 horas

**b. Metodología.** Se prepararon soluciones madres de las sales a emplear, a una concentración de 1M para el caso de las sales  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$  y, para el caso de la sal  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , la solución madre fue de una concentración 0.5 M. Este cambio se dio debido a que dicha sal mostró una menor solubilidad. El volumen preparado para las soluciones madres fue de 250 ml.

Utilizando las soluciones madres respectivas y, siguiendo el factor de dilución correspondiente, se preparó 100 ml de solución (capacidad del envase) con la molaridad respectiva de cada sal:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  -0.3M,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ -0.3M,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  -0.4M y  $\text{KNO}_3$ -0.4M.

En esta etapa se requiere una inmersión de las semillas en las diluciones, cada una en su respectivo envase. Para ello, se emplearon bombas de aire para armar cuatro sistemas de oxigenación (Anexo 2), cada sistema consiste de una válvula de control de flujo de aire conectada a una bomba de aire, cada válvula está conformada por cuatro salidas regulables con sus respectivos tubos de silicona de 3/16” de diámetro. Un extremo de los tubos de silicona se encuentra sumergido en cada recipiente que contiene la solución salina. El fin de este sistema es mantener oxigenado el medio durante el tiempo de inmersión. Las llaves fueron reguladas para obtener una liberación de burbujas de aire cada medio segundo.

En cada envase se colocó 100 semillas. Se inició con los tratamientos que requieren 12 días de inmersión ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  -0.3M,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ -0.3M,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  -0.4M y  $\text{KNO}_3$ -0.4M) y luego se prosiguió con los tratamientos de faltantes (9, 6 y 3 hora) hasta culminar con la instalación. Cada uno de los envases con los respectivos tratamientos fue instalado con su correspondiente sistema de aireación según se explicó anteriormente.

Al llegar al día 0, las semillas fueron retiradas de la solución, desinfectadas por 5 minutos en una solución de hipoclorito de sodio (5%) y enjuagadas 3 veces con agua destilada para luego dejarlas secar al ambiente.

Al día siguiente, se colocaron las 100 semillas en 4 placas Petri ubicando 25 en cada placa entre capas de papel toalla (Anexo 3), y luego humedecidas con agua destilada. Se obtuvieron 64 placas Petri (Anexo 4) y se colocaron en la cámara de germinación.

Las evaluaciones se efectuaron cada 8 horas (7:30 am, 3:30 pm y 11:30 pm) contabilizando las semillas germinadas en cada evaluación, considerando como germinadas al presentar 5 mm de radícula visible. Fueron evaluadas por 14 días, según la ISTA (2004), con una suma de 2 días en el caso de los tratamientos que registren semillas germinadas después del tiempo límite.

Durante la fase experimental de la fase 1, se observó un alto número de semillas infectadas con *Phyitium* sp. (Anexo 5 y 6) por lo que se consideró realizar una aplicación de Homai (1.5 gr/L) para el control de esta enfermedad en la fase 2.

### 3.3.3. Fase II. Germinación de semillas osmoacondicionadas bajo diferentes niveles de salinidad.

a. **Tratamientos.** Se identificaron y seleccionaron los 4 tratamientos con los mejores resultados según la fase 1:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M-12 DDI,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3M-12 DDI,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M-12 DDI y  $\text{KNO}_3$  0.4M-12 DDI con 12 días de imbibición.

**Tabla 2: Tratamientos empleados en la fase 2**

<b>Factor A: Osmoacondicionamiento</b>	<b>Factor B: Conductividad eléctrica</b>
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.3M (12DDI)	0 dS/m
$\text{K}_2\text{HPO}_4$ 0.3M (12DDI)	1 dS/m
$\text{KNO}_3$ 0.4M (12DDI)	2 dS/m
$\text{K}_2\text{SO}_4$ 0.4M (12DDI)	4 dS/m

b. **Metodología.** En esta fase se procedió de manera similar a la anterior, usando las soluciones madres de las diferentes sales para preparar 100 ml de solución salina de acuerdo al cuadro de tratamientos (Tabla 2).

Se colocaron las semillas en cada envase conteniendo la solución con las sales y molaridad correspondientes, durante 12 días de inmersión con su correspondiente sistema de aireación.

Las soluciones con diferentes conductividades fueron preparadas utilizando cloruro de sodio (NaCl) 0.00, 0.05, 0.1 y 0.2 M para obtener 0, 1, 2 y 4 dS/m, respectivamente; con las que se humedecieron las placas Petri correspondientes de tal forma de obtener un factorial de 4 A x 4B (Tabla 2).

Las semillas fueron retiradas de la solución, desinfectadas por 5 minutos en una solución de hipoclorito de sodio (5%) y enjuagadas 3 veces con agua destilada y tratadas con Homai (1.5 gr/L) para luego proceder a la fase de secado de semillas, la cual se realizó expuestas al medio ambiente.

Al día siguiente las semillas de los cuatro tratamientos de osmoacondicionamiento previos fueron colocadas en 16 placas Petri ubicando 25 semillas en cada placa, de tal forma que 4 placas sirvan para cada tratamiento de Conductividad Eléctrica. Las semillas se colocaron entre capas de papel toalla y humedecidas con soluciones salinas de distintas Conductividades Eléctricas (Tabla 2) y colocadas finalmente en la cámara de germinación.

Las evaluaciones también se efectuaron cada 8 horas (7:30 am, 3:30 pm y 11:30 pm) contabilizando las semillas germinadas (5 mm de radícula emergida) en cada evaluación. Fueron evaluadas por 14 días (tiempo definido por la ISTA, 2004), considerando 2 días más en el caso que se siga registrando un aumento en el número de semillas germinadas.

Al culminar con las evaluaciones se realizaron las pruebas estadísticas correspondientes para cada fase realizada con el fin de analizar la normalidad de los datos bajo parámetros estadístico, y la significancia de los factores con respecto a cada variable. Para el caso de la fase 1 y 2, al ser una prueba paramétrica, se empleó la prueba estadística Tuckey.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **4.1. CONDICIONES INICIALES DE LA SEMILLA.**

En la prueba de germinación se obtuvo un resultado de 87 por ciento, valor indicador de que las semillas se encuentran aptas para la fase experimental. Además demoró 14 días y se registró el inicio de la fase germinativa al 6to día de haber sido colocado en la cámara.

Durante la prueba de germinación, se observaron semillas con la zona central oscurecida. Se realizó una observación de las semillas previamente hidratadas. Con esta prueba se determinó que era una pigmentación de la testa (Anexo 7). Ríos (2017) registró semillas de colores amarillo oscuro, marrones y negras durante su investigación, por lo que se consideró como características de la propia especie.

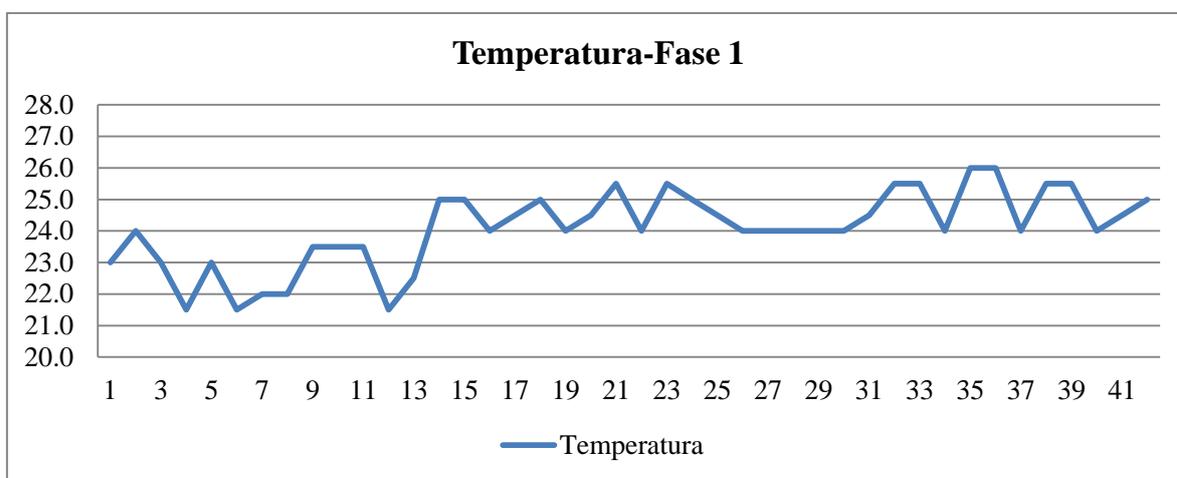
Se observó un proceso de germinación igual al de las semillas sin pigmentación en el centro de la testa (Anexo 8 y 9). Además se determinó el porcentaje de humedad inicial en las semillas para reafirmar la viabilidad del lote ya que es considerada una de las propiedades físicas y fisiológicas importantes junto con el peso, viabilidad, germinación y vigor (ISTA, 2004). El valor obtenido fue de 5.05 por ciento, el cual se encuentra dentro del margen aceptado.

### **4.2. CONDICIONES AMBIENTALES: TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE LAS FASES 1 Y 2.**

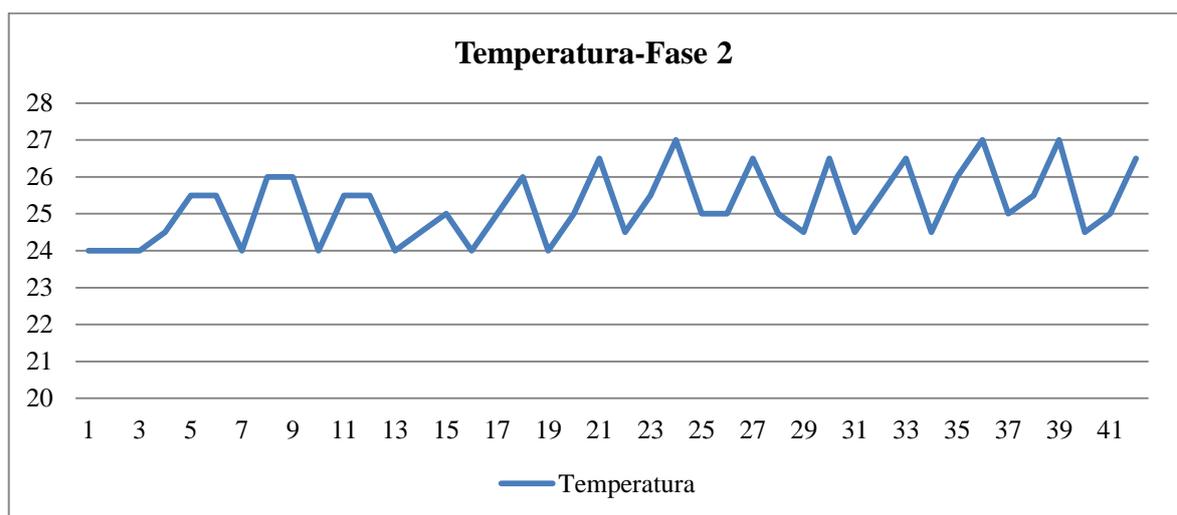
Las temperaturas promedio registradas diariamente durante la fase 1 (Figura 1) oscilan entre 21.5 y 26 °C, teniendo como promedio 24°C. Se puede observar variaciones resaltantes durante las fechas de evaluación iniciales hasta la evaluación 12 notándose ascenso relativamente constante entre 24 y 25 °C, a excepción de las evaluaciones 34 y 35 donde presentan 26°C.

La Figura 2 muestra temperaturas de la fase 2. Estas oscilan entre 24 y 27 °C, teniendo como promedio 25 °C, podría deberse a que se encuentra más próximo a la estación de verano (12 de Diciembre). En esta etapa se han registrado, por mayor tiempo, temperaturas entre 25 y 27°C.

Nicho (2003) y Montes *et al.* (2008) destacan la importancia de temperaturas cálidas en esta fase por el origen tropical del cultivo, definiendo un margen entre 18 y 32 °C. Con ello, podemos demostrar que se brindaron condiciones óptimas según la temperatura por lo que no es un factor que pudo haber sido perjudicial para el estudio.



**Figura 1:** Temperaturas registradas durante las fechas de evaluación-Fase 1



**Figura 2:** Temperaturas registradas durante las fechas de evaluación-Fase 2

### 4.3. TRATAMIENTO DE OSMOACONDICIONAMIENTO

#### 4.3.1. Fase 1: Índices de germinación en condiciones hídricas óptimas para el riego.

##### Análisis de resultados.

a. **Germinabilidad.** Según el ANOVA (Anexo 17) realizado y considerando un nivel de significancia al nivel de  $\alpha=0,05$ , no se encontraron diferencias significativas entre los niveles de los factores en estudio, factor A: Sal y factor B: Tiempo de imbibición; tampoco se encontraron diferencias en la interacción AxB.

Los valores obtenidos (Tabla 3) nos indican que la Germinabilidad alcanzó los máximos valores (100%) para casi todos los tratamientos, a excepción de  $K_2SO_4$  0.4M-6DDI,  $KNO_3$  0.4M-3DDI y el tratamiento testigo, con los que se obtuvo 96 por ciento, 98 por ciento y 98 por ciento respectivamente. Estas diferencias numéricas no alcanzan para ser consideradas estadísticamente significativas conforme a la Prueba de Tuckey realizada (Tabla 3).

Estos resultados se han ilustrado en un diagrama de cajas (Figura 3), en el que se aprecia que los únicos tratamientos que muestran disparidad con respecto al resto son los tres anteriormente mencionados -  $KNO_3$  0.4M-3 DDI,  $KSO_4$  0.4M-6 DDI y testigo-, apreciándose también un mayor rango intercuartil y con presencia de datos atípicos en los mismos tratamientos.

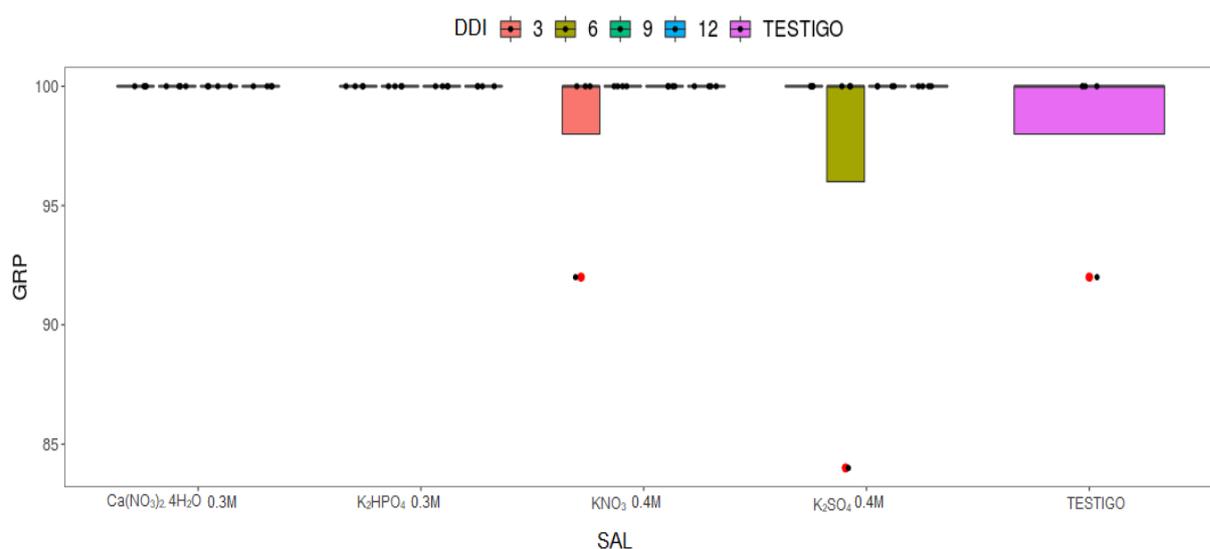


Figura 3: Diagrama de cajas de la variable “Germinabilidad”-Fase 1

**Tabla 3: Resultados promedio obtenidos para la variable “Germinabilidad” (G), “Tiempo Medio de Germinación” (MGT) y “Velocidad de Germinación” (GSP) - Fase 1.**

Sales	Tiempo de imbibición (días)	G (%)	MGT (horas)	GSP (%)
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M	3	100 a*	11.6 cde	8.7 egh
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M	6	100 a	10.4 def	9.7 cdefg
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M	9	100 a	11.6 cde	8.7 efg
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M	12	100 a	9.9 efg	10.4 bcde
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	3	100 a	13.0 bcd	7.8 fgh
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	6	100 a	10.9 def	9.2 defgh
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	9	100 a	8.5 efg	11.8 bc
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	12	100 a	6.9 g	14.6 a
KNO <sub>3</sub> 0.4M	3	98 a	11.0 def	9.2 defgh
KNO <sub>3</sub> 0.4M	6	100 a	9.7 efg	10.3 bcdef
KNO <sub>3</sub> 0.4M	9	100 a	8.0 fg	12.6 ab
KNO <sub>3</sub> 0.4M	12	100 a	9.5 efg	10.7 bcde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	3	100 a	14.9 b	6.7 h
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	6	96 a	14.2 bc	7.2 gh
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	9	100 a	9.6 efg	10.5 bcde
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	12	100 a	8.7 efg	11.5 bcd
TESTIGO	TESTIGO	98 a	30.2 a	3.3 i

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$

**b. Tiempo medio de germinación (MGT).** Según el ANOVA (Anexo 18) realizado y considerando un nivel de significancia al nivel de  $\alpha=0,05$ , se encontraron diferencias altamente significativas entre los niveles de los factores en estudio, factor A: Sal y factor B: Tiempo de imbibición; también fueron encontradas diferencias en la interacción AxB.

Se puede observar que los tratamientos de osmoacondicionamiento han permitido obtener un menor tiempo medio de germinación, superando al testigo de manera notoriamente significativa en todas las comparaciones (Tabla 3). Las semillas que presentaron un menor MGT fueron las semillas osmoacondicionadas con el tratamiento  $K_2HPO_4$  0.3M-12 DDI, al obtener un tiempo promedio de 6.9 horas, siendo la quinta parte del tiempo promedio que emplea el testigo (30.2 horas); sin embargo, no presenta una diferencia estadísticamente significativa a los siguientes tratamientos:  $KNO_3$  0.4M-9 DDI (8 horas),  $K_2HPO_4$  0.3M-9 DDI (8.5 horas),  $K_2SO_4$  0.4M-12 DDI (8.7 horas),  $KNO_3$  0.4M -12 DDI (9.5 horas),  $K_2SO_4$  0.4M -9 DDI (9.6 horas),  $KNO_3$  0.4M -6 DDI (9.7 horas) y  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  0.3M-12 DDI (9.9 horas).

En la Tabla 4 podemos observar la significancia de los promedios generales, sea por DDI o por sal empleada. Analizando los valores MGT promedios, existe una diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de MGT que corresponden 9 y 12 DDI a comparación de los MGT de los tratamientos con 3 y 6 DDI, obteniendo tiempos menores de germinación para el caso de los mencionados inicialmente (9.4 y 8.7 horas, respectivamente).

Para el caso de la significancia obtenida en los promedios del factor “Sales”, los MGT promedios de los tratamientos que emplean la sal  $KNO_3$  0.4M superan los promedios que corresponden a los tratamientos con las sales  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  0.3M y  $K_2SO_4$  0.4M, las cuales no presentan diferencias significativas entre sí. Por otro lado, los tratamientos que emplearon la sal  $K_2HPO_4$  0.3M no presentaron diferencias significativas con respecto a las sales restantes.

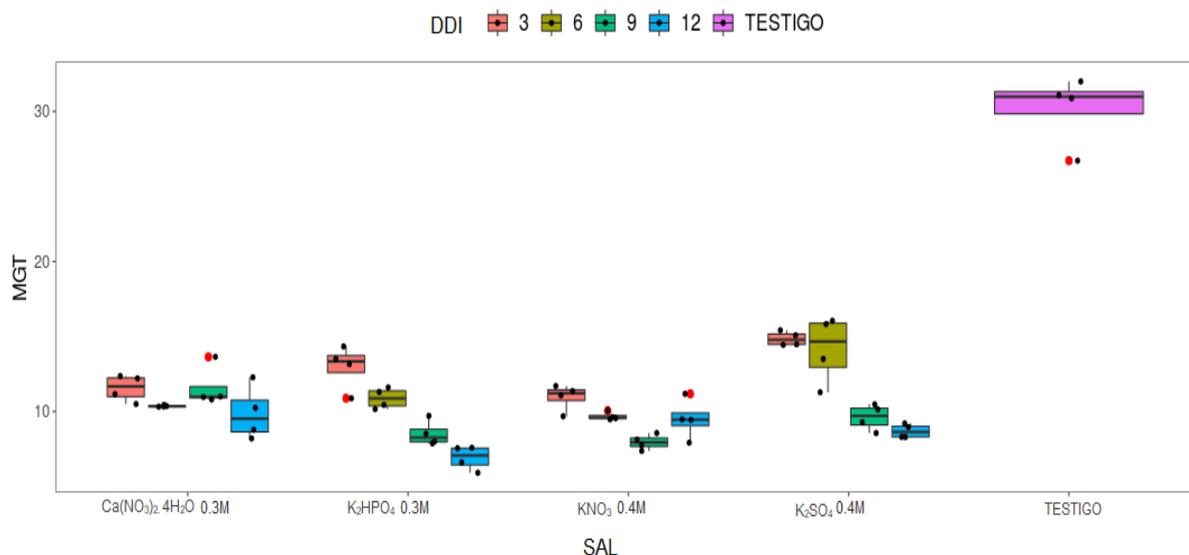
A partir de lo previamente analizado, podemos observar un efecto más notorio por parte del factor DDI que el factor sales sobre la variable “Tiempo medio de Germinación”. Lo que indica un mayor tiempo de imbibición favorece una mayor uniformidad de germinación.

**Tabla 4: Promedios de resultados para la variable “Tiempo medio de germinación”- Fase 1**

DDI	3	6	9	12	PROMEDIO SAL
SAL					
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M	11.6	10.4	11.6	9.9	10.8 a*
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	13.0	10.9	8.5	6.9	9.8 ab
KNO <sub>3</sub> 0.4M	11.0	9.7	8.0	9.5	9.5 b
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	14.9	14.2	9.6	8.7	11.8 a
PROMEDIO DDI	12.6 a	11.3 a	9.4 b	8.7 b	

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . DDI: Días de Inmersión.

En la Figura 4 se puede observar el Diagrama de Cajas obtenido para la variable MGT. En este diagrama se hace notoria la disminución del valor de MGT, específicamente en los tratamientos que emplearon las sales K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.3M y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.4M, a la par que aumenta el DDI tal como se observa en la Tabla 4. De manera general, se presentan resultados atípicos en los tratamientos Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. 4H<sub>2</sub>O 0.3M-9DDI, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.3M-6DDI, KNO<sub>3</sub> 0.4M -12 y 6DDI, y testigo; más no se observan muy distanciados del margen del rango intercuartil inferior, para el caso de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.3M-6DDI y testigo, y superior en el caso de las sales restantes. Esto indica que los resultados obtenidos en la fase experimental se consideran valores con alta probabilidad de obtención y poco inusuales, pudiendo concluirse una semejanza de resultados obtenidos, en el caso de repetirse el experimento.



**Figura 4:** Diagrama de cajas de la variable “Tiempo medio de germinación”-Fase 1

**c. Velocidad de germinación.** Según el ANOVA (Anexo 19) realizado y considerando un nivel de significancia al nivel de  $\alpha=0,05$ , se obtuvieron diferencias significativas para esta variable debido al factor A: Sal y al factor B: tiempo de imbibición, y también a la interacción de ambos factores (AxB).

En la Tabla 3, se presentan los resultados obtenidos para la variable “Velocidad de germinación”. En ella se aprecia que el tratamiento  $K_2HPO_4$  0.3M-12DDI destaca al superar significativamente al resto, a excepción del  $KNO_3$  0.4M-9DDI. Por su parte, este último no difiere estadísticamente con ninguno de los siguientes:  $K_2HPO_4$  0.3 M-9DDI,  $K_2SO_4$  0.4M-12DDI,  $KNO_3$  0.4M -12DDI,  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  0.3M -12DDI y  $KNO_3$  0.4M -6DDI. Por lo tanto, el tratamiento que resalta es el ya mencionado con un valor de 14.6 por ciento, a comparación del testigo (3.3%). Con este dato se recalca un aumento de velocidad de germinación, favoreciendo la uniformidad del lote de semillas al germinar.

En el análisis de la prueba de medias obtenido según el factor “Tiempo de Imbibición” (Tabla 5), se observa una notoria significancia entre ellos. De manera similar a lo obtenido en la variable MGT, se observa que los promedios de los tratamientos con 12 y 9 DDI son superiores a los tratamientos con 3 y 6 DDI. A su vez, el promedio de los tratamientos con 6 DDI supera de manera significativa al tratamiento con 3DDI.

En la Tabla 5 se observa que el resultado promedio de la velocidad de germinación obtenida cuando se utiliza sal  $\text{KNO}_3$  0.4M supera significativamente aquellos valores correspondientes a las sales  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M. Estas últimas no guardan diferencia significativa entre sí. La sal  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M presenta el mayor valor promedio de velocidad de germinación (10.9%), aunque no presenta diferencias significativas con los otros tratamientos en análisis. Esto se debe a que la variabilidad obtenida en este nivel es muy amplia, por lo que logra interponerse con los demás niveles.

Los promedios totales de velocidad en el factor “Tiempo de imbibición” van disminuyendo a la par de tiempo, en días, en que las semillas se encuentran inmersas en la solución salina, sin distinción del tipo de sal; esta tendencia no se observa en el factor “Sales” Por lo tanto, podemos destacar la importancia del factor sobre la variable en análisis.

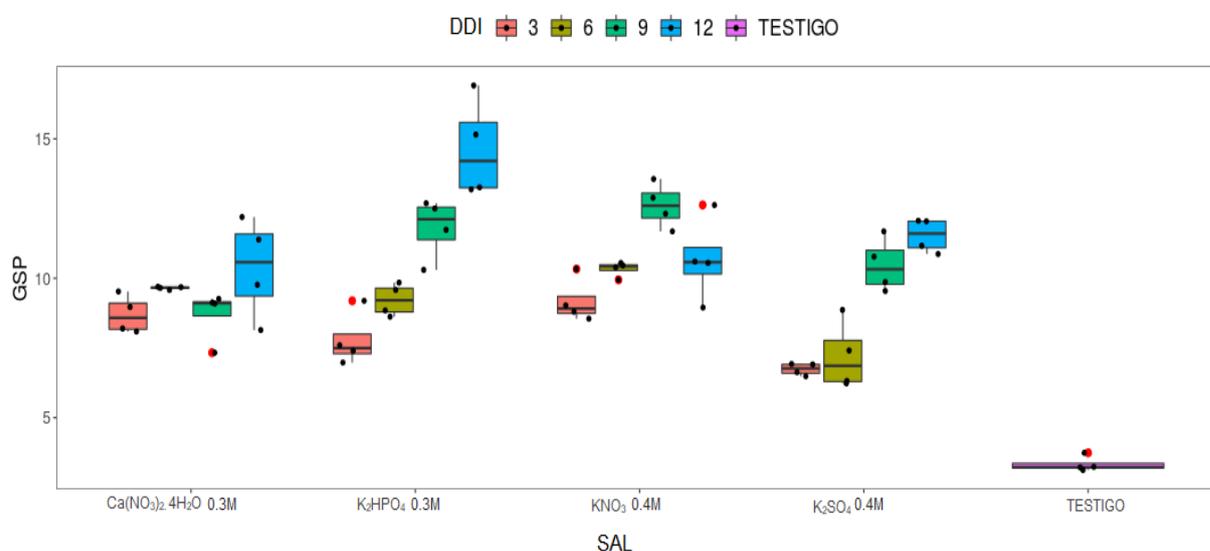
**Tabla 5: Promedios de resultados para la variable “Velocidad de germinación” - Fase 1**

SAL	DDI	3	6	9	12	PROMEDIO SAL
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.3M		8.7	9.7	8.7	10.4	9.4 b*
$\text{K}_2\text{HPO}_4$ 0.3M		7.8	9.2	11.8	14.6	10.9 ab
$\text{KNO}_3$ 0.4M		9.2	10.3	12.6	10.7	10.7 a
$\text{K}_2\text{SO}_4$ 0.4M		6.7	7.2	10.5	11.5	9.0 b
PROMEDIO DDI		8.1 c	9.1 b	10.9 a	11.8 a	

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . DDI: Días de Inmersión.

Como se ha mencionado previamente, el efecto del factor “Tiempo de imbibición” destaca sobre el efecto generado por el factor “Sales”; lo que se corrobora en el Diagrama de Cajas de la variable analizada (Figura 5). La distribución de las cajas obtenidas en los tratamientos  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M muestran una tendencia clara de incremento del GSP a mayor cantidad de días de inmersión, mientras que en los tratamientos  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M y  $\text{KNO}_3$  0.4M la tendencia no es tan clara.

Para la mayoría de los tratamientos, se observa una tendencia a mayor rango intercuartil a mayor la cantidad de días de inmersión.



**Figura 5:** Diagrama de cajas de la variable “Velocidad de germinación”-Fase 1

**d. Índice de incertidumbre.** Basados en el ANOVA (Anexo 20) realizado, considerando un nivel de significancia al nivel de  $\alpha=0,05$ , se obtuvieron diferencias significativas en esta variable debido al factor A: Sal y factor B: tiempo de imbibición, y también a la interacción de ambos factores (AxB).

En la Tabla 7, podemos observar los resultados obtenidos para la variable UNC. El tratamiento  $K_2HPO_4$  0.3 M -12DDI presenta el mejor valor promedio (2.5); sin embargo, no presenta una diferencia estadísticamente significativa al compararlo con los siguientes:  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  0.3M-12DDI,  $KNO_3$  0.4M -12DDI,  $KSO_4$  0.4M-12DDI,  $K_2HPO_4$  0.3 M -9DDI,  $KNO_3$  0.4M -9DDI,  $KSO_4$  0.4M-9DDI,  $KNO_3$  0.4M -6DDI,  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  0.3M-3DDI y  $KNO_3$  0.4M-3DDI. A pesar de que los tratamientos de osmoacondicionamiento presentar diferencias significativas con respecto al testigo, los tratamientos  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  0.3M-6DDI y  $K_2HPO_4$  0.3M -3DDI no presentan diferencias significativas con el mismo.

Analizando los promedios del factor “Tiempo de imbibición” obtenidos en la Tabla 6, se observa una tendencia inversamente proporcional a la cantidad de días de inmersión en donde un mayor DDI genera un menor valor promedio UNC. El UNC promedio de los tratamientos con 12DDI supera los UNC restantes con valor de 2.7,

presentando diferencias significativas con los tratamientos con 6 y 3 DDI .Sin embargo, cabe destacar que los valores promedios UNC de los tratamientos con 9 DDI no se distingue significativamente de los otros niveles del factor “Tiempo de imbibición”.

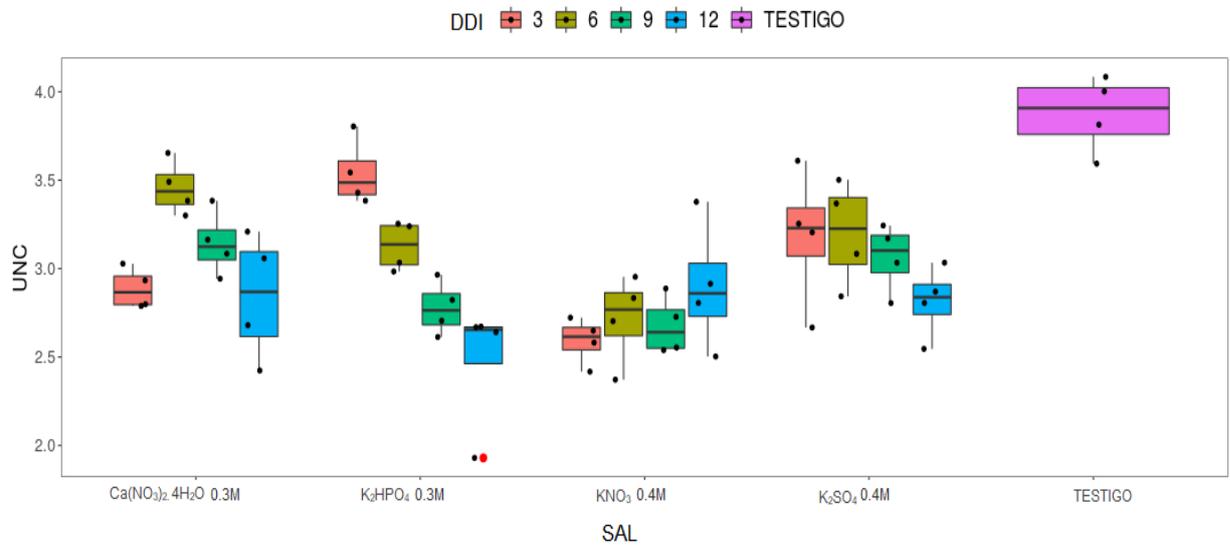
Para el caso del factor A: Sales, el valor promedio UNC superior proviene de los tratamientos con  $\text{KNO}_3$  0.4M, aunque no presente diferencias significativas con los UNC promedio de los tratamientos que emplean la sal  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M, pero sí se diferencia significativamente de los tratamientos que emplearon las sales  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M y  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M.

**Tabla 6: Promedios de resultados para la variable “Índice de Incertidumbre”- Fase 1**

DDI	3	6	9	12	PROMEDIO SAL
SAL					
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.3M	2.9	3.5	3.1	2.8	3.1 b*
$\text{K}_2\text{HPO}_4$ 0.3M	3.5	3.1	2.8	2.5	3.0 ab
$\text{KNO}_3$ 0.4M	2.6	2.7	2.7	2.9	2.7 a
$\text{K}_2\text{SO}_4$ 0.4M	3.2	3.2	3.1	2.8	3.1 b
PROMEDIO DDI	3.1 a	3.1 a	2.9 ab	2.7 b	

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . DDI: Días de Inmersión.

La relación inversamente promoción entre la variable “Índice de Incertidumbre” y el factor “Tiempo de imbibición” se observa en el Diagrama de Cajas (Gráfico 6), en especial en la distribución de las cajas de los niveles “ $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M”, “ $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M” y , en menor medida, en “ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M”. Para el caso del nivel “ $\text{KNO}_3$  0.4M” no se observa esta tendencia.



**Figura 6:** Diagrama de cajas de la variable “Índice de Incertidumbre”-Fase 1

**Tabla 7: Resultados promedio obtenidos para la variable “Índice de Incertidumbre” (UNC) e “Índice de Sincronización” (SYN) - Fase 1**

<b>Sales</b>	<b>Tiempo de imbibición (días)</b>	<b>UNC</b>	<b>SYN</b>
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M	3	2.89 cde*	0.15 ab
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M	6	3.46 abc	0.06 cd
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M	9	3.14 bcd	0.10 abcd
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M	12	2.84 cde	0.13 abc
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	3	3.54 ab	0.06 cd
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	6	3.13 bcd	0.10 abcd
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	9	2.78 de	0.13 abc
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	12	2.48 e	0.18 a
KNO <sub>3</sub> 0.4M	3	2.59 de	0.17 ab
KNO <sub>3</sub> 0.4M	6	2.72 de	0.15 abc
KNO <sub>3</sub> 0.4M	9	2.68 de	0.15 abc
KNO <sub>3</sub> 0.4M	12	2.90 cde	0.13 abc
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	3	3.18 bcd	0.10 abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	6	3.20 bcd	0.09 bcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	9	3.06 bcde	0.12 abcd
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	12	2.81 de	0.13 abc
TESTIGO	TESTIGO	3.87 a	0.04 d

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$

e. **Índice de sincronización.** Según el ANOVA (Anexo 21) realizado con un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ , se ha encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los factores A: Sal, factor B: Tiempo de Imbibición y la interacción entre ambas (AxB).

En la Tabla 7, los valores obtenidos para el tratamiento  $K_2HPO_4$  0.3 M -12DDI supera numéricamente a los valores restantes; sin embargo, no presenta diferencia estadísticamente significativa con los tratamientos halopriming a excepción de:  $K_2HPO_4$  0.3 M -3DDI,  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  0.3M-6DDI y  $K_2SO_4$  0.4M-6DDI, los cuales no presentan diferencia significativa con el testigo (0.03).

A diferencia de las variables previamente analizadas, la significancia de los promedios SYN obtenidos según el factor B: Tiempo de imbibición, no presenta una relación clara entre ellos (Tabla 8). El mejor valor promedio SYN se obtiene en los tratamientos con 12DDI, y presenta una diferencia significativa con los tratamientos con 6 DDI, más no se registraron significancias estadísticas con los tratamientos con 9 y 3 DDI al compáralo con los previamente mencionados.

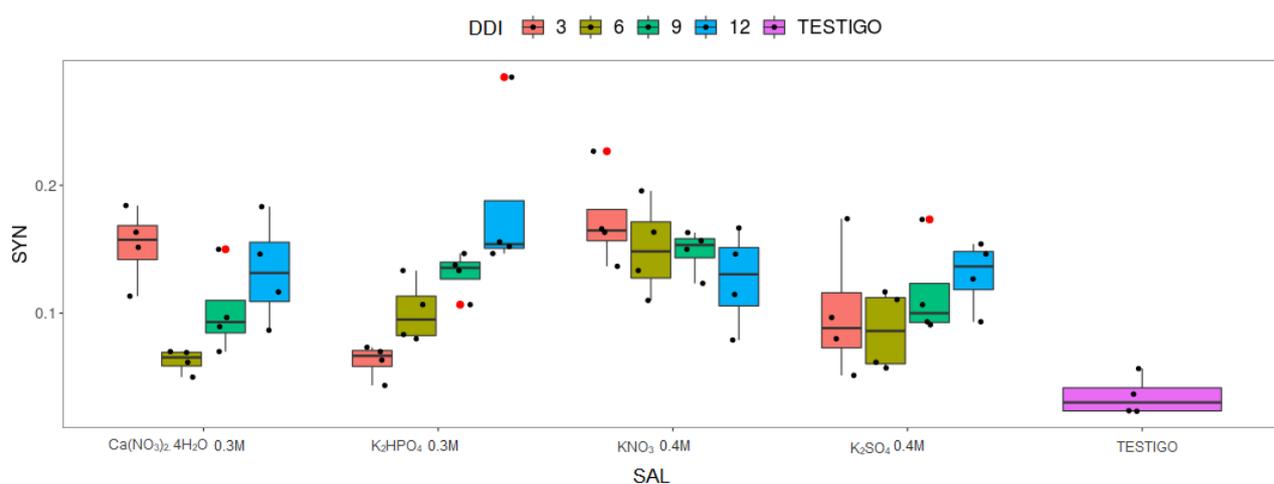
Para el caso del factor “Sales”, los tratamientos con la sal  $KNO_3$  0.4M presentan el mejor valor promedio SYN, distinguiéndose significativamente de los tratamientos con las sales  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  0.3M y  $K_2SO_4$  0.4M, al presentar ambas el mismo valor promedio SYN (0.12). Los tratamientos con la sal  $K_2HPO_4$  0.3 M, no presenta diferencia estadísticamente significativa con el resto de los tratamientos.

**Tabla 8: Promedios de resultados para la variable “Índice de sincronización”-Fase 1**

DDI	3	6	9	12	PROMEDIO SAL
SAL					
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M	0.15	0.06	0.10	0.13	0.11 b*
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	0.06	0.10	0.13	0.18	0.12 ab
KNO <sub>3</sub> 0.4M	0.17	0.15	0.15	0.13	0.15 a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	0.10	0.09	0.12	0.13	0.11 b
PROMEDIO DDI	0.12 ab	0.10 b	0.12 ab	0.14 a	

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . DDI: Días de Inmersión.

Analizando el Diagrama de Cajas obtenido en la variable Índice de Sincronización (Figura 7), se puede observar una tendencia entre los valores de SYN y el tiempo. Los valores obtenidos se encuentran más cercanos a 1 a la par que aumenta el número de días de inmersión. La distribución de las cajas muestran la relación directamente proporcional entre los valores SYN y el DDI, específicamente en los tratamientos que emplean las sales K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.3 M, con mayor claridad, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.4M y Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. 4H<sub>2</sub>O 0.3M. Para el caso de la sal KNO<sub>3</sub> 0.4M, la tendencia no se presenta, inclusive se obtiene una distribución inversamente proporcional.



**Figura 7: Diagrama de cajas de la variable “Índice de Sincronización”-Fase 1**

#### **4.3.2. Fase 1: Índices de germinación en condiciones hídricas óptimas para el riego.**

##### **Discusión de resultados.**

Al observar el tiempo de inicio de germinación en todos los tratamientos evaluados (Anexos 16-31), se hizo notorio un efecto del tratamiento de osmoacondicionamiento. La germinación, para el caso de las semillas osmoacondicionadas, se inició a las 32 horas de haber sido instalado el experimento. Al comparar con el tiempo de inicio del testigo (128 horas), se puede reconocer una reducción del tiempo de germinación a un 25 por ciento. Una explicación a este suceso sería, según Mahajan *et al.* (2011) citando a Simons (1984), debido el aumento de la división celular, elongación del eje embrionario e hidrólisis de las reservas causado por el osmoacondicionamiento, generando un aumento de vigor que concluye en una germinación más adelantada a comparación de la germinación de semillas sin ser tratadas de esta manera.

Analizando la variable Germinabilidad, los tratamientos con porcentajes menores o iguales al testigo serían descartados ya que el osmoacondicionamiento busca mejorar la uniformidad y germinabilidad (Sánchez *et al.*, 2007). Para el caso en cuestión, los porcentajes de germinación promedios fueron mayores del 95 por ciento y, en todos los tratamientos, se logró el 100 por ciento en al menos una de las cuatro repeticiones. Diversos autores mencionan porcentajes mayores al 80 por ciento para esta especie (Coons *et al.*, 1989; Jäkel y Witzler, 2018; Eshbaugh, 2012), lo cual demuestra una alta viabilidad en las semillas. Es por ello que probablemente no se observen mejoras significativas con respecto a esta variable; sin embargo, este factor es considerado en la evaluación de los tratamientos de osmoacondicionamiento por evidenciar mejoras en especies con baja germinabilidad como es el caso del chile ancho nativo (Cortez-Baheza *et al.*, 2011), ají dulce nativo (Andrade y Laurentín, 2015), chile piquín nativo (Quintero *et al.*, 2017), *Paspalum* sp. (Shim *et al.*, 2008), maíz (Valle-Moysén *et al.*, 2017), espárrago (Frett *et al.*, 1991), melón (Nascimento y West, 1999), entre otros. Resultados similares a los encontrados en esta investigación han sido reportados por Lanteri *et al.* (1996), Demir *et al.* (2008) y Jäkel y Witzler (2018), quienes no obtuvieron variaciones en la germinabilidad en diferentes especies de pimiento.

Para el caso de la variable “Tiempo Medio de Germinación”, se han observado diferencias significativas con el testigo indicando un efecto claramente positivo del osmoacondicionamiento sobre las semillas. Podría deberse a la hidratación parcial de la semilla osmoacondicionada. Para esta variable, un efecto más notorio es generado por el factor “Tiempo de imbibición” que aquel generado por el factor “Sales”. En este sentido, Shim *et al.* (2008) menciona que, en relación a la variable MGT, depende del tiempo de imbibición al favorecer el efecto sobre la actividad metabólica. Esta se vincula con el inicio de procesos metabólicos (digestión de reservas procedentes del cotiledón) causados específicamente por la hidratación parcial, la cual reduce el tiempo de la fase de recesión (Cantliffe *et al.*, 1984; Brocklehurst y Dearman, 1983; Thornton y Powell, 1992; Ozbay, 2018). Lo previamente mencionado concluye, según Gupta *et al.* (2008), en una reducción del tiempo germinativo en la subsecuente rehidratación, en el momento de la siembra. El tratamiento de osmoacondicionamiento favorece positivamente al Tiempo Medio de Germinación, aún más si se analiza según el factor “Tiempo de imbibición”, ya que mejora las cualidades de la especie al presentar un MGT menor al rango de germinación mencionado por Andrade y Laurentín (2015), el cual es entre 3 y 11 días. Por lo tanto, el tratamiento de osmoacondicionamiento mejora el tiempo medio de germinación al reducirlo.

Con respecto a la variable “Velocidad de Germinación”, se obtuvo una relación inversa con el “Tiempo Medio de Germinación”, siendo a menor MGT la velocidad de germinación será mayor ya que germina un mayor número de semillas en menor tiempo. Esto se demuestra en la distribución de las cajas de los Diagramas de Cajas para cada variable respectivamente (Figura 4 y Figura 5), confirmando la relación inversamente proporcional entre las 2 variables; como ha sido mencionado por Kotowski (1926), quien planteó los primeros rangos de germinación, al decir que la variable velocidad se relaciona con el tiempo que toma la germinación de las semillas, detallando una relación inversamente proporcional tal como se ha visualizado en los resultados del estudio. Al igual que en la variable Tiempo Medio de Germinación, la variación generada por el factor “Tiempo de imbibición” también repercute significativamente sobre los resultados.

El índice de incertidumbre (UNC) indica la distribución en el tiempo de la germinación. En el caso de esta variable, también se identifica un efecto notoriamente significativo por parte del factor “Tiempo de imbibición” sobre la dispersión de la germinación. Esto se visualiza en el Diagrama de Cajas de la misma variable (Figura 6), específicamente en el nivel “ $K_2HPO_4$  0.3 M”. El tratamiento  $K_2HPO_4$  0.3 M -3DDI presenta el mayor valor UNC (3.5), indicando una germinación más dispersa en el tiempo y una menor uniformidad. Para el caso del tratamiento  $KH_2PO_4$  0.5M-12DDI, el cual registra datos significativos con respecto al tiempo medio y velocidad de germinación, presenta el menor UNC promedio (2.5) indicando una mayor concentración de la germinación en el tiempo, por lo tanto, una mayor uniformidad. Para complementar, durante las evaluaciones (Anexos 24) el tratamiento con menor valor UNC, que corresponde al tratamiento con mayor DDI, inició su germinación a las 16 horas y culminó a las 96 horas; en cambio, el tratamiento con mayor UNC entre los tratamientos halopriming, presenta la primera semilla germinada a las 40 horas (3 DDI), y la última germina a las 240 horas (Anexo 27), esto nos demuestra la importancia del DDI sobre los valores de UNC.

El Índice de Sincronización se encarga de identificar la superposición de las semillas. De manera general, los valores cercanos a 1 indican una germinación simultánea. Para el caso del estudio, no se observan mejoras según las cualidades de la variedad, por lo que se indica que no todas las semillas germinan de manera simultánea. Esto se corrobora al observar los registros de evaluaciones (Anexos17-31), en donde se verifica un aumento lento del número de semillas entre cada evaluación. A pesar de ello, se observan mejoras al comparar los valores promedio de los tratamientos (0.1) y el testigo (0.04) (Tabla 7). La distribución de las cajas del nivel “ $K_2HPO_4$  0.3 M” en el Diagrama de Cajas (Figura 7) presentan una tendencia generada por el factor “Tiempo de imbibición”. Al comparar los registros de evaluaciones (Anexos 24 y 27), se observa un traslape en la germinación con mayor detenimiento en la semillas inmersas por 12 DDI (0.18) a comparación de las tratadas con 3 DDI (0.06), indicando una germinación más sincronizada para el primer caso. Lo mismo se observa, en menor intensidad, en los tratamientos que emplean las sales  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  1M y  $K_2SO_4$  1M. Con ello se concluye que el tiempo de imbibición de las semillas favorece a la germinación al mejorar la característica de uniformidad, conllevando a una mejor homogeneidad y sincronización de la germinación (Homrani-Bakali, 2014).

A partir de lo previamente mencionado, existe un efecto notorio del Tiempo de Imbibición sobre las variables “Tiempo Medio de Germinación”, “Velocidad de Germinación”, “Índice de Incertidumbre” y, en menor medida, “Índice de sincronización”, demostrando ser un factor primordial para la eficacia del tratamiento y obtención de los mejores resultados. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Cortez-Baheza *et al.* (2011) y Ruíz *et al.* (2004), en donde se observan diferencias en el vigor de la semilla según el tiempo en que estuvieron inmersas. En los estudios realizados sobre las actividades metabólicas en las semillas osmoacondicionadas por parte de Bray *et al.* (1989), Smith y Cobb (1991), Ashraf y Bray (1993) y Cruz García *et al.* (1995) demuestran síntesis de ADN, ARN, aumento de proteínas y, específicamente en las especies *C. annuum* y *L. esculentum*, los autores Lanteri *et al.* (1993) y Saracco *et al.* (1995) demuestran, además, una replicación nuclear del meristemo radicular. Aquellos procesos son favorecidos por el tiempo de imbibición al aumentar la eficiencia en el tratamiento, según Cortez, *et al.* (2008), y controlar la osmosis en las semillas durante el tratamiento (Debbarna y Shubhashree, 2017). Lanteri *et al.* (1996) agrega la relación directamente proporcional entre el tiempo de imbibición y la velocidad de la activación metabólica, debiéndose al efecto de la rehidratación en las semillas osmoacondicionadas, la cual causa una regularización de los procesos celulares y replicación de ADN (Paparella *et al.*, 2015), favoreciendo la solubilidad de proteínas y lípidos que conforman las reservas (Bourgne *et al.*, 2000; Randhir y Shetty, 2005) , y la activación de la síntesis enzimáticas (Sung y Chang, 1993). Al brindar un mayor tiempo de imbibición, los procesos previamente mencionados son favorecidos para su realización, siendo estos procesos los que contribuyen con el crecimiento inicial de la radícula.

El tratamiento que se destaca entre todos los demás, bajo las condiciones de las variables previamente mencionadas, es el  $K_2HPO_4$  0.3 M -12 DDI. Una posible explicación adicional a lo anteriormente mencionado, puede deberse al aporte del fósforo por parte de esta sal. Durante la germinación, la demanda de fósforo incrementa significativamente debido al alza de la tasa mitótica y crecimiento celular (Hegeman *et al.*, 2001, Senna *et al.*, 2006) ya que está vinculada con la activación del embrión, generando enzimas que catalizan las reservas localizadas en el mismo (Biswas y Cundiff, 1991; Nicanuzia, 2003). Cantliffe *et al.* (1984) reporta el efecto del fosfato para la división de las células localizadas en la radícula, lo cual favorece a la aceleración de la germinación.

### 4.3.3. Criterios de selección de tratamientos para la fase 2

Los criterios de selección para definir los tratamientos a emplear en la fase 2 (condiciones salinas en el riego) fueron: porcentaje de germinación y tiempo medio de germinación.

El porcentaje de germinación no muestra diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo, lo que induce a priorizar el tiempo medio de germinación (MGT) como variable definitoria de selección. El factor “Tiempo de imbibición” causó una clara y notoria variabilidad en los resultados, tendiendo a una mejora, según las características de cada variable analizada. Estas mejoras se registraron en los tratamientos expuestos a un mayor número de días en inmersión; por lo que fue considerado como un criterio necesario para la selección de los mejores tratamientos.

A partir de los puntos previamente mencionados, se seleccionó los tratamientos  $\text{KNO}_3$  0.4M,  $\text{KSO}_4$  0.4M,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.3M y  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M con tiempo de inmersión de 12 días, lo cual permitirá ver un efecto de acción generado por las sales sobre el osmoacondicionamiento de las semillas.

### 4.3.4. Fase 2: Índices de germinación en condiciones salinas para el riego. Análisis de resultados.

**a. Germinabilidad.** Según el ANOVA (Anexo 23) realizado y considerando un nivel de significancia al nivel de  $\alpha=0,05$ , se encontraron diferencias significativas entre los niveles de los factores en estudio, factor A: Osmoacondicionamiento y factor B: Conductividad eléctrica; también fueron encontradas diferencias en la interacción A x B.

Los valores promedio obtenidos con respecto a la tasa de germinabilidad (Tabla 10) que alcanzaron el valor máximo (100%) son los tratamientos  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M (12DDI)-0dS/m,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M (12DDI)-1dS/m,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M (12DDI)-2dS/m,  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI)-2dS/m,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M (12DDI)-2dS/m y Testigo-0dS/m. Sin embargo, no presenta diferencias significativa con los tratamientos restantes a excepción de los tratamientos  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M (12DDI)-4 dS/m, Testigo-1 dS/m y Testigo-4 dS/m.

En la Tabla 9.1 se puede observar los promedios de los tratamiento de osmoacondicionamiento y testigo para la variable Germinabilidad, donde se puede visualizar que el promedio de los tratamientos de osmoacondicionamiento supera

significativamente al testigo al visualizar una diferencia significativa entre los porcentajes promedios de las cuatro sales empleadas y el testigo expuestos a condiciones salinas de 1, 2 y 4 dS/m. Con ello comprobamos una respuesta favorable del osmoacondicionamiento bajo dichas condiciones.

De manera más específica, al analizar el factor “Osmoacondicionamiento” (Tabla 9.2), el mejor nivel es el “K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)”, sin diferir estadísticamente con ninguno de los otros tratamientos de osmoacondicionamiento, solo con el tratamiento Testigo. Con ello corroboramos un efecto favorable del osmoacondicionamiento en la semilla.

Para el caso del factor B: Conductividad Eléctrica, el promedio de los porcentajes de Germinabilidad para las condiciones no salinas (0dS/m) registran el mejor resultado distinguiéndose de la condición con mayor salinidad en el estudio (4dS/m), con el cuál se presentan diferencias significativas. Sin embargo, no se diferencia significativamente de los tratamientos expuestos a las conductividades 1 y 2 dS/m.

**Tabla 9.1 Resultados de Germinabilidad (%) de tratamiento testigo vs. Tratamientos de osmoacondicionamiento.**

	0	1	2	4
OSMO	99 a*	99.3 a	99.5 a	91.5 a
TESTIGO	100 a	83 b	91 b	86 b

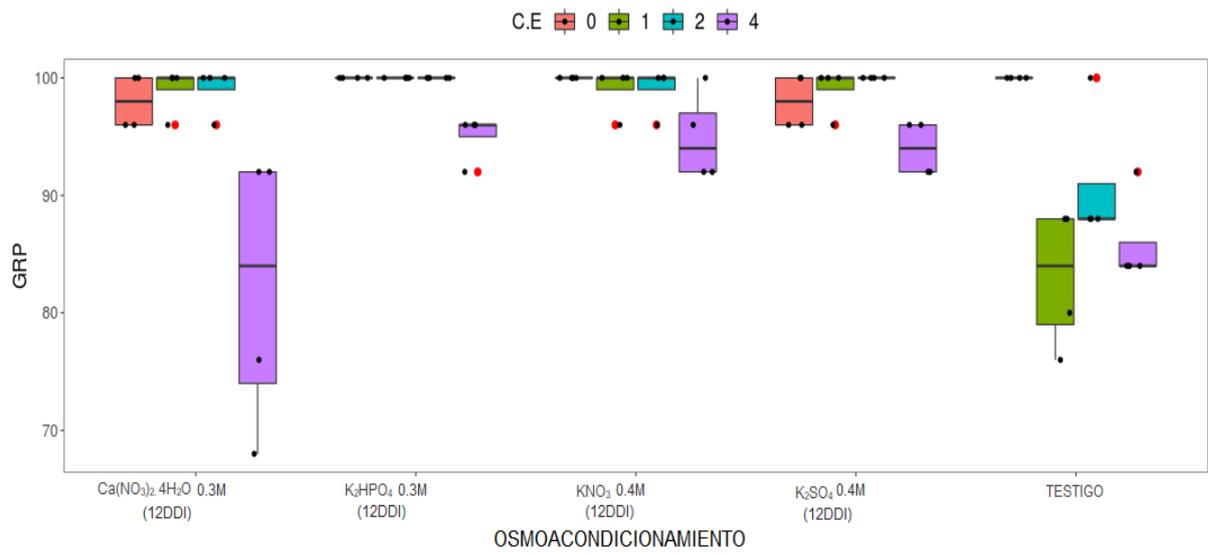
\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . OSMO: Tratamiento de osmoacondicionamiento

**Tabla 9.2 Promedios de resultados para la variable “Germinabilidad”-Fase 2**

C.E	0	1	2	4	PROMEDIO OSMO
OSMO					
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	98	99	99	82	94.5 ab*
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M (12DDI)	100	100	100	95	98.8 a
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	100	99	99	95	98.3a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	98	99	100	94	97.8 a
TESTIGO	100	83	91	86	90 b
PROMEDIO C.E	99.2 a	96 a	97.8 a	90.4 b	

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . C.E: Conductividad Eléctrica. OSMO: Tratamiento de osmocondicionamiento

Los resultados obtenidos se han ilustrado en el siguiente diagrama de cajas (Figura 8). En este, podemos observar la amplia variabilidad que se registra en los tratamientos de osmocondicionamiento bajo conductividad eléctrica de 4 dS/m. El tratamiento Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. 4H<sub>2</sub>O 1M (12DDI) es el tratamiento con mayor rango intercuartil resultando en una superposición de las cajas obtenidas por los tratamientos testigo bajo conductividades de 1, 2 y 4 dS/m. Con ello, se determina que este tratamiento induce una muy alta y desfavorable variabilidad. Con respecto a las cajas obtenidas bajo condiciones no salinas (0 dS/m), los tratamientos de osmocondicionamiento Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. 4H<sub>2</sub>O 1M (12DDI) y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M (12DDI) presentan los mayores rangos intercuantiles, incluso mayor al testigo, indicando una baja certeza en los resultados al ser replicables. Además, se registran datos atípicos en los tratamientos de osmocondicionamiento Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. 4H<sub>2</sub>O 1M (12DDI)-1dS/m, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. 4H<sub>2</sub>O 0.3M (12DDI)-2 dS/m, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)-4 dS/m, KNO<sub>3</sub> 0.4M (12DDI)-1dS/m, KNO<sub>3</sub> 0.4M (12DDI)-2 dS/m, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.4M (12DDI)-4 dS/m, Testigo-2 dS/m y Testigo-4 dS/m, aumentando la heterogeneidad.



**Figura 8:** Diagrama de cajas de la variable “Germinabilidad”-Fase 2

**Tabla 10: Resultados promedio obtenidos para la variable “Germinabilidad” (G), “Tiempo Medio de Germinación” (MGT) y “Velocidad de Germinación” (GSP) - Fase 2.**

<b>Tratamiento de osmoacondicionamiento</b>	<b>Conductividad eléctrica (dS/m)</b>	<b>G (%)</b>	<b>MGT (horas)</b>	<b>GSP (%)</b>
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	0	98 a*	16.3 cde	6.2 defgh
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	1	99 a	13.4 defgh	7.5 cdef
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	2	99 a	12.6 efgh	8.0 bcdef
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	4	82 c	19.0 cd	5.3 fgh
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	0	100 a	9.7 gh	10.4 ab
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	1	100 a	12.1 efgh	8.3 bcde
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	2	100 a	11.8 efgh	8.5 bcd
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	4	95 ab	15.3 cdef	6.6 cdefg
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	0	100 a	8.4 h	12.5 a
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	1	99 a	11.0 fgh	9.1 bc
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	2	99 a	10.7 fgh	9.4 bc
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	4	95 ab	13.4 defgh	7.7 bcdef
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	0	98 a	12.8 efgh	7.9 bcdef
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	1	99 a	14.4 cdefg	7.0 cdefg
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	2	100 a	14.0 cdefg	7.2 cdefg
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	4	94 ab	18.6 bcd	5.5 efgh
TESTIGO	0	100 a	12.1 efgh	8.4 bcd
TESTIGO	1	83 c	27.6 a	3.7 h
TESTIGO	2	91 abc	23.3 ab	4.4 gh
TESTIGO	4	86 bc	26.5 a	3.8 h

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$

**b. Tiempo medio de germinación.** Basados en el ANOVA (Anexo 24) realizado, considerando un nivel de significancia al nivel de  $\alpha=0,05$ , se obtuvieron diferencias significativas en esta variable debido al factor A: Osmoacondicionamiento y factor B: Conductividad Eléctrica, y también a la interacción de ambos factores (AxB).

Para el caso de la variable “Tiempo Medio de Germinación” (Tabla 10), el mejor valor fue obtenido en el tratamiento de osmoacondicionamiento  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI)-0 dS/m al registrar un MGT de 8.36 horas. Sin embargo, no registra diferencias significativas con  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M (12DDI)-0 dS/m,  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI)-2 dS/m,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M (12DDI)-2 dS/m, testigo-0 dS/m,  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI)-1 dS/m,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M (12DDI)-1 dS/m,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M (12DDI)-0 dS/m  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M (12DDI) -2 dS/m,  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI)-4 dS/m y  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M (12DDI) -1 dS/m. Para esta variable, es importante destacar que los valores obtenidos por los testigos expuestos a una salinidad de 1, 2 y 4 dS/m se diferencian significativamente de los resultados obtenidos de las semillas tratadas con el osmoacondicionamiento bajo las mismas condiciones salinas.

Los resultados correspondientes al MGT se presentan en la Tabla 11.1, donde podemos observar que el promedio de los tratamientos de osmoacondicionamiento registra diferencia significativa con el testigo frente a las conductividades eléctricas de 1, 2 y 4 dS/m obteniendo mejores resultados por parte del osmoacondicionamiento de una manera clara. Para el caso de los resultados obtenidos bajo condiciones no salinas, no se registra diferencias significativas entre el promedio de los tratamientos de osmoacondicionamiento y testigo. Con ello se resalta el valor positivo que general el osmoacondicionamiento sobre el tiempo de germinación bajo condiciones salinas.

Al analizar los promedios de los resultados para la variable “Tiempo Medio de Germinación” según el Factor A: Osmoacondicionamiento (Tabla 11.2), el promedio obtenido para el nivel  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI) se destaca de los demás, aunque no se diferencia estadísticamente con el nivel  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M (12DDI). Estos tratamientos de osmoacondicionamiento superan estadísticamente a los niveles  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M (12DDI) y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M (12DDI), los cuales no se presentan diferencia significativa entre sí.

Para el caso del factor “Conductividad Eléctrica”, el mejor promedio MGT se encuentra en los tratamientos expuestos a un agua no salina (0 dS/m) con 11.9 horas, este valor presenta diferencia estadísticamente significativa con el MGT promedio obtenido con una conductividad de 4 dS/m (18.6 horas). Para el caso de las conductividades 1 y 2 dS/m, no se registran diferencias significativas entre ellos.

**Tabla 11.1: Resultados de Tiempo de Germinación (horas) de tratamiento Testigo vs. tratamiento de Osmocondicionamiento-Fase 2.**

	0	1	2	4
OSMO	11.8 a*	12.7 a	12.3 a	16.6 a
TESTIGO	10.8 a	27.6 b	23.3 b	26.5 b

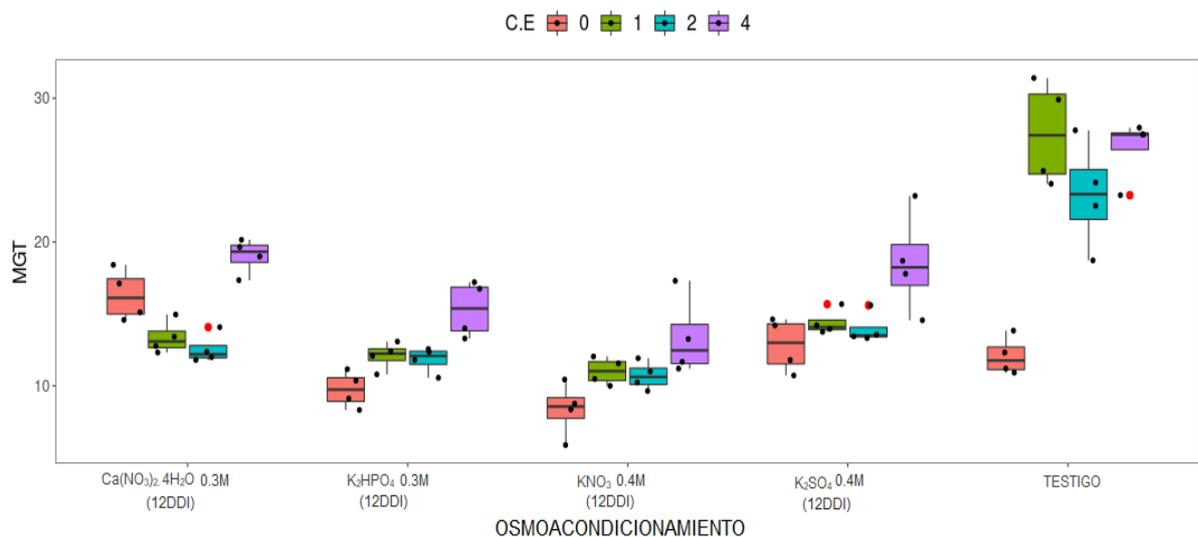
\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . OSMO: Tratamiento de osmocondicionamiento

**Tabla 11.2: Promedios de resultados para la variable “Tiempo Medio de Germinación” -Fase 2.**

C.E	0	1	2	4	PROMEDIO OSMO
OSMO					
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	16.3	13.4	12.6	19.0	15.3 b*
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M (12DDI)	9.7	12.1	11.8	15.3	12.2 a
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	8.4	11.0	10.7	13.4	10.9 a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	12.8	14.4	14.0	18.6	14.9 b
TESTIGO	12.1	27.6	23.3	26.5	22.4 c
PROMEDIO C.E	11.9 a	15.7 bc	14.5 ab	18.6 c	

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . C.E: Conductividad Eléctrica. OSMO: Tratamiento de osmocondicionamiento

En la Figura 9 se observa la disminución del valor de MGT conforme disminuyen los valores de conductividad eléctrica (C.E.), tal como se observa específicamente en los tratamientos de osmoacondicionamiento:  $K_2SO_4$  0.4M (12DDI) y, con mayor claridad,  $K_2HPO_4$  0.3 M (12DDI) y  $KNO_3$  0.4M (12DDI). Para los Testigos, se observa una notoria diferencia entre las condiciones no salinas y salinas, con valores más altos del MGT en condiciones salinas. De manera similar, en el tratamiento de osmoacondicionamiento  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  0.3M (12DDI), se observa una tendencia inversamente proporcional entre la conductividad y el valor de MGT. Los tratamientos  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  0.3M (12DDI)-2 dS/m,  $K_2SO_4$  0.4M (12DDI)-1 dS/m y ,  $K_2SO_4$  0.4M (12DDI)-2 dS/m y testigo-4 dS/m registran valores atípicos, los cuales, no se encuentran muy distanciados de los márgenes del rango intercuartil, indicando un variabilidad natural y con alta probabilidad de obtención durante un réplica del experimento.



**Figura 9:** Diagrama de cajas de la variable “Tiempo Medio de Germinación”-Fase 2

**c. Velocidad de germinación.** Según el ANOVA (Anexo 25) realizado, considerando un nivel de significancia al nivel de  $\alpha=0,05$ , se obtuvieron diferencias significativas en esta variable debido al factor A: Osmoacondicionamiento y factor B: Conductividad Eléctrica, y también a la interacción de ambos factores (AxB).

Basados en los resultados obtenidos para la variable Velocidad de Germinación (Tabla 10), el mejor resultado fue obtenido por el tratamiento  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI)-0 dS/m. Para el caso de esta variable, solo el tratamiento  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M (12DDI)- 0dS/m no presenta diferencia significativa con el mejor tratamiento.

Al analizar los promedios de los resultados obtenidos por el tratamiento de osmoacondicionamiento para la variable “Velocidad de Germinación” (Tabla 12.1), se observan diferencias estadísticamente significativas al comparar las velocidades promedio entre el testigo y el valor promedio del tratamiento de osmoacondicionamiento bajo condiciones salinas

Para el caso del factor “Osmoacondicionamiento” en la Tabla 12.2, las semillas osmoacondicionadas con el tratamiento de osmoacondicionamiento  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI) registran el mejor valor promedio de velocidad; sin embargo, este no se diferencia estadísticamente con el tratamiento de osmoacondicionamiento  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M (12DDI). Para el caso de los niveles  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M (12DDI) y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M (12DDI), entre ellos no presenta diferencias significativas y ambos son inferiores estadísticamente a los ya mencionados.

Analizando los promedios del factor “Conductividad Eléctrica” obtenidos en la Tabla 12.2, se destaca una diferencia significativa entre los GSP promedios obtenidos de los tratamientos con agua no salina (0dS/m) y agua salina (1, 2 y 4 dS/m). Para el caso de los tratamientos expuestos a conductividades eléctricas de 1 y 2 dS/m, los GSP promedios no presentan diferencia significativa entre ellos. La velocidad promedio obtenidos por los tratamientos expuestos a las condiciones con mayor salinidad en el estudio (4dS/m) presenta el valor menos favorable.

**Tabla 12.1: Resultados de Velocidad de Germinación de tratamiento Testigo vs. tratamiento de Osmocondicionamiento-Fase 2.**

	0	1	2	4
OSMO	9.2 a*	6.5 a	7.0 a	5.9 a
TESTIGO	8.4 a	3.7 b	4.4 b	3.8 b

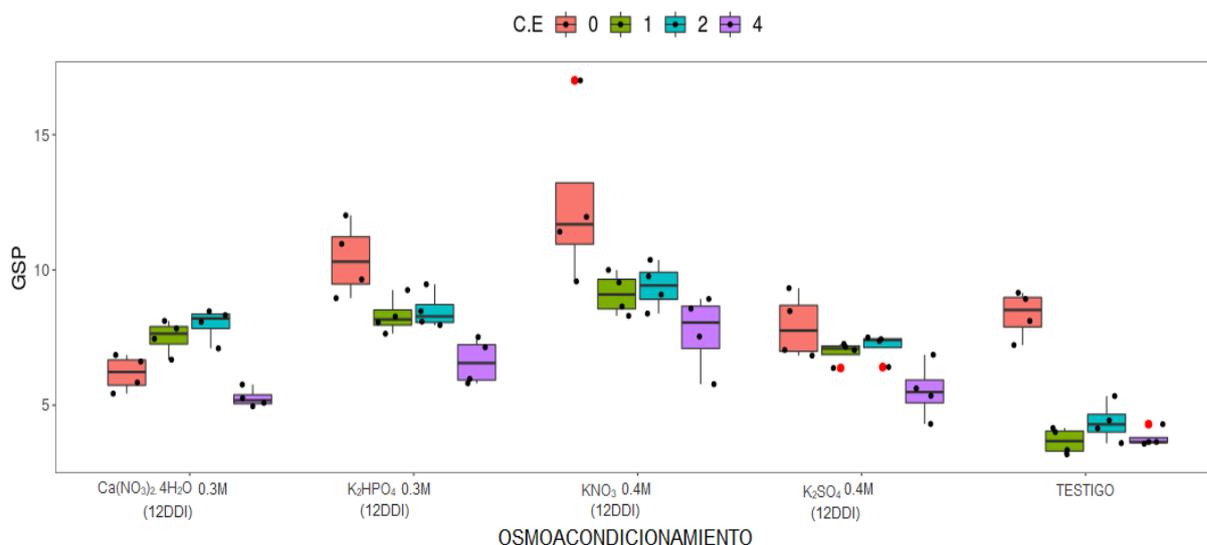
\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . OSMO: Tratamiento de osmocondicionamiento

**Tabla 12.2: Promedios de resultados para la variable “Velocidad de Germinación”- Fase 2.**

C.E	0	1	2	4	PROMEDIO OSMO
OSMO					
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	6.2	7.5	8.0	5.3	6.7 b*
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M (12DDI)	10.4	8.3	8.5	6.6	8.5 a
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	12.5	9.1	9.4	7.7	9.7 a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	7.9	7.0	7.2	5.5	6.9 b
TESTIGO	8.4	3.7	4.4	3.8	5.1 c
PROMEDIO C.E	9.1 a	7.1 b	7.5 b	5.8 c	

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . C.E: Conductividad Eléctrica. OSMO: Tratamiento de osmocondicionamiento.

En la variable Velocidad de Germinación, se observa una tendencia entre los valores GSP y el factor Conductividad Eléctrica en el Diagrama (Figura 10). De esta manera, se observa que los tratamientos de osmocondicionamiento K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.3 M (12DDI), KNO<sub>3</sub> 0.4M (12DDI) y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.4M (12DDI) registraron una tendencia de incremento del GSP a menor conductividad eléctrica, mientras que no se observa tendencia clara y no presenta tendencia, los tratamientos realizados en el grupo Testigo y en el tratamiento de osmocondicionamiento Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. 4H<sub>2</sub>O 0.3M respectivamente.



**Figura 10:** Diagrama de cajas de la variable “Velocidad de Germinación”-Fase 2

**d. Índice de incertidumbre.** Según el ANOVA (Anexo 26) realizado, considerando un nivel de significancia al nivel de  $\alpha=0,05$ , se obtuvieron diferencias significativas en esta variable debido al factor A: Osmocondicionamiento y factor B: Conductividad Eléctrica, y también a la interacción de ambos factores (AxB).

En la Tabla 14, se observan los resultados obtenidos por los tratamientos de osmocondicionamiento y testigos analizados durante el estudio. El tratamiento KNO<sub>3</sub> 0.4M (12DDI)-0 dS/m registra el mejor valor (2.45), el cual no presenta diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos a excepción de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 0.3M (12DDI)-0 dS/m, Testigo- 1dS/m, Testigo- 4dS/m, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.4M (12DDI)- 4dS/m, Testigo- 2dS/m, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 0.3M (12DDI)- 4dS/m, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.4M (12DDI)- 2dS/m y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.4M (12DDI)- 0dS/m.

En la Tabla 13.1 podemos observar los resultados obtenidos según el tratamiento de osmocondicionamiento para la variable Índice de Incertidumbre. En ella se registran diferencias significativas al comparar los resultados obtenidos por los tratamientos de osmocondicionamiento y testigo bajo las conductividades 1, 2 y 4 dS/m, siendo el tratamiento de osmocondicionamiento el que obtiene los mejores resultados al registrarse menores valores UNC. Para el caso de las condiciones no salinas (0dS/m) no se registran diferencias entre los tratamientos.

Los promedios obtenidos al analizar el factor A: Osmocondicionamiento, en la Tabla 13.2, registran una diferencia significativa entre el nivel  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI) y las demás sales en estudio. El tratamiento de osmocondicionamiento  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3 M (12DDI) registra el segundo mejor valor. Los tratamientos de osmocondicionamiento  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M (12DDI) y  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M (12DDI) registran el mismo valor UNC promedio de 3.5, siendo este el valor menos favorable.

Para el caso de los promedios obtenidos para el factor “Conductividad eléctrica” registrados en la Tabla 13.2, no se registran diferencias significativas entre los promedios obtenidos bajo condiciones salinas y no salinas.

**Tabla 13.1: Resultados de Índice de Incertidumbre de tratamiento Testigo vs. tratamiento de Osmocondicionamiento -Fase 2.**

	0	1	2	4
OSMO	3.16 a*	2.91 a	3.1 a	3.38 a
TESTIGO	3.18 a	3.73 b	3.65 b	3.71 b

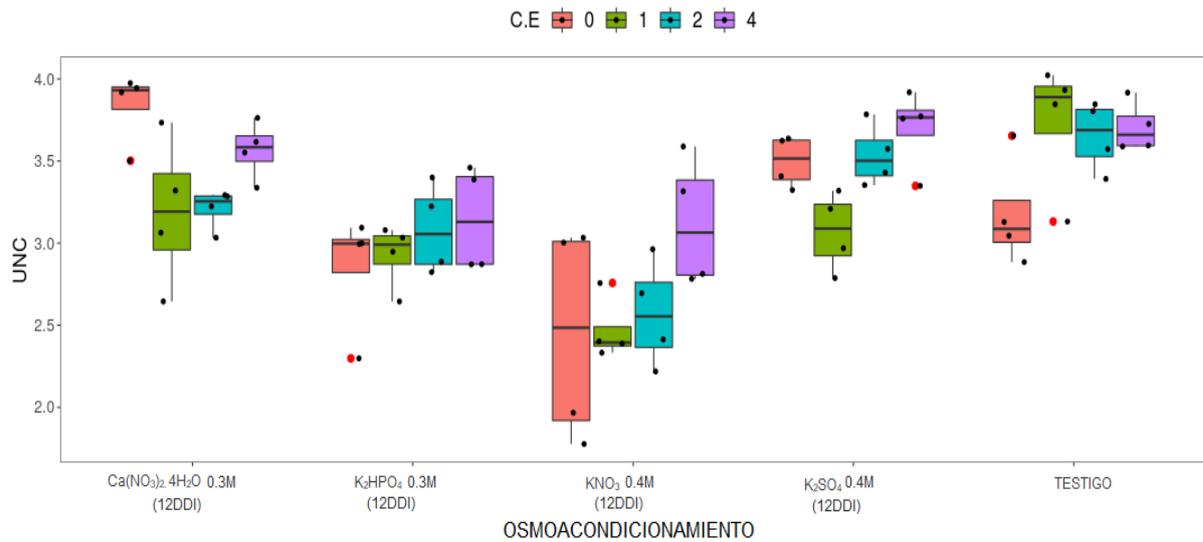
\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . OSMO: Tratamiento de osmocondicionamiento

**Tabla 13.2: Promedios de resultados para la variable “Índice de Incertidumbre” - Fase 2.**

C.E	0	1	2	4	PROMEDIO OSMO
OSMO					
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.3M (12DDI)	3.83	3.19	3.21	3.57	3.45 c*
$\text{K}_2\text{HPO}_4$ 0.3M (12DDI)	2.85	2.93	3.08	3.15	3.0 b
$\text{KNO}_3$ 0.4M (12DDI)	2.45	2.47	2.57	3.13	2.65 a
$\text{K}_2\text{SO}_4$ 0.4M (12DDI)	3.50	3.07	3.54	3.70	3.45 c
TESTIGO	3.18	3.73	3.65	3.71	3.57 d
PROMEDIO C.E	3.1 a	3.1 a	3.3 a	3.5 a	

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . C.E: Conductividad Eléctrica. OSMO: Tratamiento de osmocondicionamiento

Para el Índice de Incertidumbre, no se observa tendencia clara en los tratamientos de osmocondicionamiento con relación al incremento de la conductividad eléctrica. Cabe la posibilidad de indicar un tendencia de incremento del UNC conforme la conductividad aumenta, de 1 a 4, tal como se registra en los tratamientos con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M,  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI) y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M (12DDI), la cual, sin embargo, queda incierta debido a la alta variabilidad registrada en cada una de las conductividades. Así mismo, en los tratamientos de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M (12DDI), la conductividad igual a 0 dS/m determina valores del UNC en contra de la tendencia descrita previamente. Cabe resaltar la diferencia con el testigo, en donde se registra un efecto claro de la conductividad sobre los resultados y, al presentar un bajo rango intercuartil, indica que estos mismos pueden volver a ser obtenidos en una réplica. Por lo tanto, el comportamiento registrado en los tratamientos testigo ante la conductividad está más definido que para el caso de osmocondicionamiento, demostrando una cierta efectividad del tratamiento.



**Figura 11:** Diagrama de cajas de la variable “Índice de Incertidumbre”-Fase 2

**Tabla 14: Resultados promedio obtenidos para la variable “Índice de Incertidumbre” (UNC) e “Índice de Sincronización” (SYN) - Fase 2.**

Tratamiento de osmoacondicionamiento	Conductividad eléctrica (dS/m)	UNC	SYN
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	0	3.83 a*	0.039 c
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	1	3.19 abcd	0.109 bc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	2	3.21 abcd	0.099 bc
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	4	3.57 abc	0.051 c
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	0	2.85 cd	0.129 abc
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	1	2.93 bcd	0.137 abc
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	2	3.08 abcd	0.108 bc
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	4	3.15 abcd	0.097 bc
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	0	2.45 d	0.235 a
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	1	2.47 d	0.205 ab
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	2	2.57 d	0.214 ab
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	4	3.13 abcd	0.112 bc
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	0	3.50 abc	0.063 c
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	1	3.07 abcd	0.101 bc
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	2	3.54 abc	0.060 c
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	4	3.70 ab	0.055 c
TESTIGO	0	3.18 abcd	0.108 bc
TESTIGO	1	3.73 ab	0.042 c
TESTIGO	2	3.65 abc	0.050 c
TESTIGO	4	3.71 ab	0.043 c

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$

e. **Índice de sincronización.** Basados en el ANOVA (Anexo 27) realizado, considerando un nivel de significancia al nivel de  $\alpha=0,05$ , se obtuvieron diferencias significativas en esta variable debido al factor A: Sal y factor B: Conductividad Eléctrica, y también a la interacción de ambos factores (AxB).

Con respecto a los resultados promedio obtenidos para la variable “Índice de Sincronización” (Tabla 14), el mejor valor de SYN fue 0.235, el cual fue obtenido por el tratamiento  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI)-0 dS/m; sin embargo, no se registraron diferencias estadísticamente significativas con los siguientes tratamientos:  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI)-2 dS/m (0.214),  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI)-1 dS/m (0.205),  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3M (12DDI)- 1 dS/m (0.137) y  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3M (12DDI)- 0 dS/m (0.129).

En la Tabla 15.1, se registran diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos de osmoacondicionamiento y testigo bajo las 3 condiciones salinas (1, 2 y 4 dS/m). Bajo condiciones no salinas (0dS/m), no se distinguen estadísticamente los promedios de ambos tratamientos.

Los promedios obtenidos según el factor “Osmoacondicionamiento” (Tabla 15.2), el tratamiento de osmoacondicionamiento que se destaca es  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI) al presentar el mejor valor y diferenciarse significativamente con los demás tratamientos. Lo precede el tratamiento  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.3M (12 DDI), al registrar el segundo mejor valor. Para el caso de los niveles  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.3M y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.4M no se registra diferencias significativas entre ellos ni con el testigo, además de registrar los valores SYN inferiores.

Analizando los promedios obtenidos en la Tabla 15.2 según el factor “Conductividad Eléctrica”, no se observa una tendencia clara al registrarse el mejor valor en los tratamientos expuestos a 1 dS/m de conductividad con un SYN promedio de 0.138. Esta misma conductividad se diferencia significativamente del tratamiento con mayor salinidad (4dS/m), en donde se registra el valor menos favorable. El SYN promedio obtenido por los tratamientos expuestos 0 y 2 dS/m, no presenta diferencias significativas entre las conductividades previamente mencionadas y entre sí.

**Tabla 15.1: Resultados de Índice de Sincronización de tratamiento Testigo vs. tratamiento de Osmocondicionamiento-Fase 2.**

	0	1	2	4
OSMO	0.134 a*	0.121 a	0.108 a	0.0769 a
TESTIGO	0.108 a	0.042 b	0.05 b	0.043 b

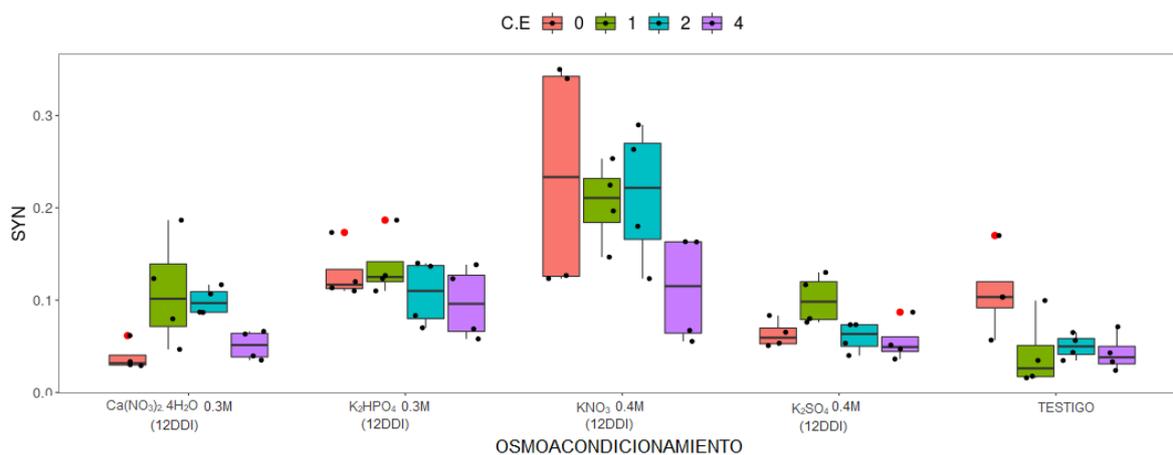
\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . OSMO: Tratamiento de osmocondicionamiento

**Tabla 15.2: Promedios de resultados para la variable “Índice de Sincronización” - Fase 2.**

C.E	0	1	2	4	PROMEDIO OSMO
OSMO					
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O 0.3M	0.039	0.109	0.099	0.051	0.075 c*
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3M	0.129	0.137	0.108	0.097	0.118 b
KNO <sub>3</sub> 0.4M	0.235	0.205	0.214	0.112	0.192 a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M	0.063	0.101	0.060	0.055	0.07 c
TESTIGO	0.108	0.042	0.050	0.043	0.061 c
PROMEDIO C.E	0.115 ab	0.119 a	0.106 ab	0.072 b	

\*: Tratamientos seguidos con la misma letra dentro de la columna, no guardan diferencias significativas entre sí de acuerdo a la Prueba de Tuckey realizada a un  $\alpha=0.05$ . C.E: Conductividad Eléctrica. OSMO: Tratamiento de osmocondicionamiento

En la Figura 12, no se puede observar una tendencia clara para la variable índice de sincronización en relación al incremento de la conductividad eléctrica. Sin embargo, se puede notar que los resultados obtenidos bajo una conductividad eléctrica de 4 dS/m presentan los valores más bajos, demostrando el efecto negativo de la salinidad sobre la variable. Así mismo, como se observó en la variable Índice de Incertidumbre, el tratamiento testigo registra resultados en donde se observa una disminución de los valores SYN al exponer a las semillas a condiciones con aumento en la salinidad. En conclusión, los tratamientos testigos registran una respuesta más definida ante la salinidad a diferencia del osmocondicionamiento, por lo que se le atribuye un efecto favorable.



**Figura 12:** Diagrama de cajas de la variable “Índice de Sincronización”-Fase 2.

#### 4.3.5. Fase 2: Índices de germinación en condiciones salinas para el riego. Discusión de resultados.

Los resultados han demostrado un efecto negativo de la salinidad sobre la germinación, sea en los tratamientos de osmoacondicionamiento o testigo. Al observar los resultados obtenidos en las 5 variables analizadas, se observa una diferencia significativa entre condiciones no salinas (0dS/m) y condiciones altamente salinas (4dS/m), destacando la tasa de germinabilidad con una diferencia porcentual del 91 por ciento entre ambos valores promedios (dato no visible). La toxicidad causada por las altas concentraciones salinas pueden generar una disminución en la capacidad de absorción del agua, lo que conlleva a perturbaciones en el metabolismo, retraso o inhibición del transporte de reservas hacia el embrión, concluyendo en demora o nula germinación (Camejo y Torres, 2000; Tester y Davenport, 2003; Malash *et al.*, 2007; Chaman, 2008). Además, puede generar un estrés osmótico, oxidativo y por alto pH (Flowers *et al.*, 1977; Chartzoulakis y Loupassaki, 1997; Munns, 2002; Ling-Yan *et al.*, 2017). La ausencia de cotiledones en las plántulas provenientes de las semillas expuestas a conductividad eléctrica de 4 dS/m (Anexo 10, 11, 12 y 13) es considerada como una respuesta al estrés salino (Hasegawa *et al.*, 2000; Fuentes *et al.*, 2006), lo cual conllevaría a la muerte de la plántula. Para el caso de las conductividades 1 y 2 dS/m, al no presentar una tendencia clara, se podría atribuir a las características de adaptación que presenta la semilla, descrita por Vacher *et al.* (1994) y Lee (2003), quienes describen una alteración de los lípidos localizados en la membrana celular favoreciendo el ingreso del agua, y un ajuste osmótico que consiste en la acumulación de solutos salinos en las vacuolas. Estas técnicas de adaptación permiten a la semilla sobrellevar el efecto de estrés, más no indica obtención óptima de resultados.

Zúñiga (2006) menciona una tolerancia a condiciones salinas por la especie *Capsicum baccatum* var. *pendulum* de 2 dS/m. Por lo tanto, la germinación es susceptible al efecto de la salinidad en el medio, afectando el vigor de la semilla y, consecuentemente, un retraso o inhibición del proceso germinativo que podría repercutir en la emergencia de la plántula.

Bajo condiciones salinas (1, 2 y 4 dS/m), se observan diferencias significativas entre resultados obtenidos por los tratamientos de osmocondicionamiento y testigo según las variables analizadas en el estudio, sin excepción. Cabe resaltar un aumento de la diferencia porcentual entre los valores a la par del aumento de la conductividad eléctrica (dato no visible). Thornton y Powell (1992) mencionan que el osmocondicionamiento atribuye una tolerancia a condiciones adversas. Esto podría deberse al ajuste osmótico y reactivación de la actividad metabólica presentes en la etapa de recesión previamente iniciada durante el osmocondicionamiento, conllevando a un aumento en la velocidad de imbibición en la rehidratación de la semilla al momento de ser sembrada (Gimenez *et al.*, 1993; Harris *et al.* 1997; Benamar *et al.*, 2003; Sun *et al.*, 2010; Chen y Arora, 2011), lo cual repercute en una reducción de tiempo de exposición a condiciones adversas. También se tiene registros de inducción enzimática generada por el osmocondicionamiento, los cuales permiten aumentar la tolerancia a la salinidad (Jyotsna y Srivastava, 1998; Nasri *et al.*, 2011; Caballero, 2013). La influencia de estas enzimas en regeneración de tejidos dañados, permeabilidad y mantenimiento de la membrana conlleva a una mejora en las cualidades de la semilla para sobrellevar el estrés. Ibrahim (2015) menciona que las semillas osmocondicionadas, al haber sido expuestas previamente a sales inorgánicas, se adaptan con mayor facilidad a medios salinos debido a la exposición ocurrida durante el tratamiento. Esta característica ha sido encontrada en pimiento (Khan *et al.*, 2009a; Aloui *et al.*, 2014), tomate (Nakaune *et al.*, 2012; Pradhan *et al.*, 2014), lechuga (Nasri *et al.*, 2011), maíz (Abraha y Yohannes, 2013), melón (Da Silva *et al.*, 2019), soya (Ling-Yan *et al.*, 2017), los cuales registraron una mejora en la germinación frente a condiciones salinas en semillas tratadas osmocondicionalmente.

De manera específica, las variables “Germinabilidad”, “Tiempo Medio de Germinación” y “Velocidad de Germinación” presentan una tendencia clara y registran una baja variabilidad, como se observan en los Diagramas de Cajas respectivos. Sin embargo, el Índice de Incertidumbre y Sincronización registran lo contrario. En el caso de la variable Índice de Incertidumbre, los valores resultantes son similares, por lo que no presenta una diferencia significativa para el caso del factor B: Conductividad eléctrica; y en el caso del factor “Osmoacondicionamiento” la amplia variabilidad registrada en el Diagrama de Cajas no permite afirmar una probabilidad de obtención de los resultados en próximas repeticiones. Similar caso para el Índice de Sincronización, en donde los valores obtenidos son cercanos a cero por lo que indica una tendencia a una mayor distribución en el tiempo con respecto a la germinación (Primack, 1980) y, por lo tanto, una baja sincronización; además de presentar resultados que no concuerdan con la tendencia observada en las primeras de variables analizadas con respecto al factor “Conductividad Eléctrica” y presentar un alto rango intercuantil consecuente de la alta variabilidad, lo cual no permite tener una certeza de los resultados en la replicación del estudio. McDonald (2000), al igual que Ranal y Santana (2006) mencionan que estas variables apoyan a estudios de fisiología y tecnología en semillas y, en mayor medida, ecológicos debido a que permiten identificar capacidad de dispersión en el tiempo y adaptación al medio, concluyendo en definir el grado de éxito de la especie. Por lo tanto, ambas variables no son indicadores favorables para el estudio al destacar resultados que no concuerdan con los objetivos del mismo.

El tratamiento de osmoacondicionamiento que se destacó en esta fase fue  $\text{KNO}_3$  0.4M (12DDI) en las cinco variables estudiadas y bajo las 4 conductividades eléctricas (0, 1, 2 y 4 dS/m). Las posibles explicaciones hacen referencia a un aumento en la activación de amilasas y proteasa en la germinación inducido por la presencia de la sal, lo cual favorece a una aceleración de la germinación y reduce el riesgo de estrés (Kadiri y Hussaini, 1999). Esta sal ha sido considerada como una de las principales sales empleadas en los tratamientos de osmoacondicionamiento en diferentes especies como pimienta (El-Shatoury, 2010; Maiti *et al.*, 2013; Dutta *et al.*, 2015; Ozbay, 2016), ají dulce (Andrade y Laurentín, 2015), arroz (Ruttanaruangboworn, 2017), melón (Da Silva *et al.*, 2019).

## V. CONCLUSIONES

Los tratamientos de osmocondicionamiento brinda un beneficio al mejorar la germinación, sea bajo condiciones óptimas o adversas, para el caso de semillas de *Capsicum baccatum* var. *pendulum*.

Con respecto a las evaluaciones realizadas bajo condiciones óptimas (Fase 1), los tratamientos de osmocondicionamiento generan un valor positivo en el aumento de vigor en la semilla. El factor que generó mayor variabilidad fue el Tiempo de Imbibición (DDI), por lo que es importante considerar para obtener la máxima eficiencia del tratamiento en las semillas. Para este caso, el mejor tratamiento fue el  $K_2HPO_4$  0.3 M -12DDI.

Bajo condiciones salinas (Fase 2), se observa un efecto de la salinidad sobre el proceso germinativo al obtenerse diferencias en la comparación entre condiciones salinas y no salinas. Sin embargo, los tratamientos de osmocondicionamiento favorecieron a las semillas al aumentar la tolerancia a estas condiciones. Para este caso, el tratamiento de osmocondicionamiento  $KNO_3$  0.4M (12DDI) registró los mejores resultados bajo las cuatro conductividades eléctricas (0, 1, 2 y 4 dS/m).

Las variables con mayor significancia en el estudio fueron: “Porcentaje de Germinación”, “Tiempo Medio de Germinación” y “Velocidad de Germinación”. Estas variables aportaron de manera significativa en el análisis en la selección de los factores con mayor incidencia sobre resultados y en el reconocimiento del mejor tratamiento que concuerden con las cualidades que se busca mejorar (vigor, uniformidad, precocidad y tolerancia a condiciones adversas).

## **VI. RECOMENDACIONES**

Al momento de inducir a las semillas a germinar, brindar una temperatura constante durante la fase experimental, en la medida de lo posible. Con ello, podemos reducir el impacto de este factor.

La calidad sanitaria que presenta en la manipulación de las semillas es un factor importante por el que es necesario considerar para ver los reales efectos del tratamiento.

El reconocimiento de variables que permitan aportar al estudio es importante para obtener un mejor análisis de resultados. Se debería definir el uso de las variables antes de iniciar con el estudio.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Abraha, B; Yohannes, G. (2013). The role of seed priming in improving seedling growth of maize (*Zea mays* L.) under salt stress at field conditions. *Agri Sci.* 4: 666-72.

Ahmed, Z; Anwar, S; Baloch, A; Ahmed, S; Muhammad, F; Alizai, N; Ahmed, M; Khan, S; Faisal, S. (2016). Effect of Halopriming on Seed Germination and Seedling Vigor of Solanaceous Vegetables. Sindh Agriculture University Tandojam. Pakistan. *Journal of Natural Sciences Research.* 7 (9): 2224-3186.

Albrecht, E; Zhang, D; Deslattes Maysm, A; Saftner, R; Stommel, J. (2012). Genetic diversity in *Capsicum baccatum* is significantly influenced by its ecogeographical distribution. *BMC Genetics.* 13:68.

Albújar, E. (2019). El Agro en Cifras-MINAGRI 2019. Recuperado de: <http://siesa.minagri.gob.pe/siesa/sites/default/files/boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-jun19-050919.pdf>

Alcaraz, F. (2012). Salinidad y vegetación. Geobotánica. Universidad de Murcia. España. Marzo 2012.

Aloui, H; Souguir, M; Latique, S; Hannachi, C. (2014). Germination and growth in control and primed seeds of pepper as affected by salt stress. *Cercetari Agronomice.* 47: 83-95.

Amjad, M; Ziaf, K; Iqbal, Q; Ahmad, I; Atif, M; Ahmad, Z. (2007). Effect of seed priming on seed vigorous and salt tolerance in hot pepper. Institute of Horticultural Sciences, University of Agriculture. Faisalabad, Pakistan. *Pak. J. Agri. Sci.* 44(3).

Andrade, S; Laurentín, H. (2015). Efectos del Nitrato de Potasio sobre la germinación de semillas de tres cultivares de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Rev. Unell. Cienc. Tec. 33: 25-29.

Andrews, J. (1995). Peppers: The Domesticated Capsicum. Universidad de Texas, Austin.

Ashraf, M; Bray, C. (1993). DNA synthesis in osmoprimed leek (*Allium porrum* L.) seeds and evidence for repair and replication. Seed Science Research 3: 15-23.

Badía, D; Meiri, A. (1994). Influencia de la sodicidad edáfica sobre la nascencia de dos cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. 3(2): 377-386.

Bautista, J. (2018). Tratamientos PreGerminativos en semillas de Tumbo Serrano (*Passiflora mollissima*). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Benamar, A; Tallon, C; Macherel, D. 2003. Membrane integrity and oxidative properties of mitochondria isolated from imbibing pea seeds after priming or accelerated ageing. Seed Sci Res. 13: 35-45

Biswas, T; Cundiff, C. (1991). Multiple forms of acid phosphatase in germinating seeds of *Vigna sinensis*. Phytochemistry. 30: 2119–2125.

Bourgne, S; Job, C; Job, D. (2000). Sugar beet seed priming: solubilization of the basic subunit of 11-S globulin in individual seeds. Seed Sci Res. 10:153–156

Bray, M; Davison, P; Ashraf, M; Taylor; M. (1989). Biochemical events during osmopriming of leek seed. Ann Appl Biol. 102:185–193

Brocklehurst, P; Dearman, J. (1983). Interaction between the seed priming treatments and nine seds lots of carrot, celery and onion. Annals of Applied Biology. Gran Bretaña. 102:577-584.

Caballero, J. (2013). Identificación y caracterización de fosfatasas ácidas con actividad 5'-nucleotidasa en ejes de judía (*Phaseolus vulgaris*). Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal Sección de Fisiología Vegetal. Universidad de Córdoba. España.

- Camejo, D; Torres, W. (2000). La salinidad y su efecto en los estadios iniciales del desarrollo de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Cultivos Tropicales 21(2): 23-26.
- Campbell, S; Pearson, B; Marble, C. (2020). Substrate Type and Temperature on Germination Parameters of Butterfly Pea. HortTechnology. Volumen 30. ASHS. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04583-20>.
- Cantliffe, D; Fischer, J; Nell, T. (1984). Mechanism of Seed Priming in Circumventing Thermodormancy in Lettuce. Plant Physiol. 75:290-294
- Chaman, M. (2008). Variación de solutos compatibles, proteínas y parámetros hídricos en embriones y plántulas de *Capsicum annuum* L. con diferente tolerancia a la salinidad. Escuela De Postgrado. Universidad Nacional De Trujillo. La Libertad, Perú.
- Chartzoulakis, K; Loupassaki, M. (1997). Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. Agricultural Water Management. 32: 215-225.
- Chen, K; Arora, R. (2011). Dynamics of the antioxidant system during seed osmopriming, post-priming germination, and seedling establishment in spinach (*Spinacia oleracea*). Plant Sci. 180:212-220.
- Coons, J; Kuehl, R; Oebker, R y Simons, N. (1989). Seed germination of seven pepper cultivars at constant or alternating high temperatures. Journal of Horticultural Science. 64:6, 705-710.
- Cortez-Baheza, E; Rivera-Reyes, J; Andrio-Enriquez, E; Guevara-González, RG. (2011). Osmocondicionamiento de la semilla de chile ancho y su efecto en el vigor. Revista Universidad y Ciencia. 27(3):345-349.
- Cruz García, F; Jimenez, L; Vazquez-Ramos, J. (1995). Biochemical and cytological studies on osmoprimed maize seeds. Seed Science Research 5: 15-33.
- Da Silva, C; Steiner, F; Zuffo, A; Zoz, T; Zaratin, C; Bapstina, V. (2019). Seed priming improves the germination and growth rate of melon seedlings under saline stress. Brasil. Ciência Rural, Santa Maria, 49:07.

- Debbarma, M y Shubhashree, P. (2017). Priming of Seed: Enhancing Growth and Development. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(12): 2390-2396
- Demir, I; Ermis, S; Mavi, K; Matthews, S. (2008). Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annuum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. *Seed Sci. & Technol.* 36: 21-30
- Duff, S; Sarath, G; Plaxton, W. (1994). The role of acid phosphatases in plant phosphorus metabolism. *Physiol. Plant.* 90: 791–800.
- Duran-Altisent, J; Pérez-García, F. (1984).- Aspectos fisiológicos de la germinación de las semillas. Universidad Politécnica de Madrid, p 245
- Dutta, S.; Singh, A.; Boopathi, T.; Singh, S.; Singh M. (2015). Effects of priming on germination and seedling vigour of bird's eye chilli (*Capsicum frutescens* L.) seeds collected from eastern Himalayan region of India. *The Bioscan*. 10(1):279–284
- El-Shatoury, R. (2010). The use of seed priming to overcome stress conditions in some vegetable crops. Dissertation, Suez Canal University.
- Eshbaugh, W. (1970). A biosystematic and evolutionary study of *Capsicum baccatum* (Solanaceae). *Brittonia*
- Eshbaugh, H.K. (2012). The taxonomy of the genus *Capsicum*. Miami University, Oxford, Ohio, USA.
- Flowers, T; Torke, P; Yeo, A. (1977). The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann Rev Plant Physiol.* 28: 89-121.
- Frett, J; Pill, W; Morneau, D. (1991). A Comparison of Priming Agent for Tomato and Asparagus Seeds. *HortScience*.
- Fuentes, L; Sosa; Y. Pérez. (2006). Aspectos fisiológicos y bioquímicos del estrés salino en plantas. Facultad de Agronomía, Universidad de Matanzas.

- Ghassemi-Golezani, K; Aliloo, A; Valizadeh, M; Moghaddam, M. (2008). Effects of Hydro and Osmo-Priming on Seed Germination and Field Emergence of Lentil (*Lens culinaris* Medik.). Not Bot Hort Agrobot Cluj. 36: 29-33.
- Gimenez, T; Victor, N; Retamal, N; Durán, J. (1993). Acondicionamiento osmótico en semillas. Aplicación al cultivo del pimiento. Revista Agricultura. España. 727: 124-127.
- González, L; Ramírez, R. (1996). Respuesta de *Terannus labilis* a diferentes niveles de salinidad durante la germinación y crecimiento. Cultivos Tropicales 17(3):1719.
- Govindarajan, V; Salzer, U. (1986). Capsicum: production, technology, chemistry, and quality. Segunda Parte. Processed products, standards, world production and trade. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 23:3, 207-288.
- Gupta, A; Malavika, D; Kumar, A; Roy, M; Naseem, M. (2008). Seed priming: The Afermath. Seed Science & Technology.
- Hamidi, R; Pirasteh-Anosheh, H; Izadi, M. (2013). Effect of Seed Halo-priming Compared with Hydro-priming on wheat Germination and Growth. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4 (7): 1611-1615.
- Harris, D; Rashid, A; Hollington, A; Jasi, L; Riches, C. (2007). Prospects of improving maize yield with on farm seed priming. En: Rajbhandari, N.P. and Ransom, J.K. 'Sustainable Maize Production Systems for Nepal'. Kathmandu, India. p180-185
- Hasegawa, P; Bressan, R; Zhu, J; Bohnert, H. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 51(1): 463–499.
- Hegeman, C; Grabau, E. (2001). A novel phytase with sequence similarity to purple acid phosphatases is expressed in cotyledons of germinating soybean seedlings. Plant Physiol. 126: 1598–1608.
- Heydecker, W. (1972). Viability of seeds. Syracuse University Press, Syracuse, Link. 209-252.
- Heydecker, W; Coolbear, P. (1977). Seed treatments to improve performance-survey and attempted prognosis. Seed Science and Techology. 5: 353-425

- Homrani-Bakali, A. (2014). Effect of Various Pre-Treatments and Alternating Temperature on Seed Germination of *Artemisia herba-alba* Asso. Instituto Nacional de Agronomía de Maruecos. Journal of Plant Studies. 4 (1).
- Hartmann, H; Kesters, D; Davies, F; Geneve, R. (2014). Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices (8ava Edición). California, Estados Unidos. Ediciones Pearson. p 212-252.
- Hussain, S; Khaliq, A; Ali, S. (2019). Physiological, Biochemical, and Molecular Aspects of Seed Priming. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- International Seed Testing Association (ISTA). (2004). International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland. 243 p
- Ibrahim , A. (2015). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. Journal of Plant Physiology.
- Jacobsen, S; Mujica, A; Stlen, O. (1997). Tolerancia de la quinua a la sal durante la germinación. Agronomía Tropical. 48(3):359-366.
- Jäkel, N; Witzler, M. (2018). Influence of Germination Aids on Germination of Different Capsicum sp. Journal of Experimental Agriculture International. 20(3): 1-7, 2018; Artículo no.JEAI.39311
- Jyotsna, V; Srivastava, A. (1998). Physiological basis of salt stress resistance in pigeon pea (*Cajanus cajan* L.). II. Pre-sowing seed soaking treatment in regulating early seedling metabolism during seed germination. Plant Physiol Biochem. 25: 89-94.
- Kadiri, M; Hussaini, M. (1999). Effect of hardening pre-treatment on vegetative growth, enzyme activities and yield of *Pennisetum americanum* and *Sorghum bicolor* L. Global J Pure Appl Sci. 5: 179-183.
- Khan, F.; Maqbool, R.; Narayan, S.; Bhat, S.; Narayan, R. (2016). Reversal of age-induced seed deterioration through priming in vegetable crops – a review. Adv Plants Agric Res 4(6):1-9.

- Khan, H.; Ayub, C.; Pervez, M.; Bilal, R.; Shahid, M.; Ziaf, K. (2009)a. Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper (*Capsicum annuum* L) at seedling stage. *Soil Environ* 28:81–87
- Khan, H; Pervez, M; Ayub, C; Ziaf, K; Bilal, R; Shahid, M. (2009)b. Hormonal priming alleviates salt stress in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Soil Environ*. 28: 130-5.
- Kent, L; Läuchli, A. (1985). Germination and seedling growth of cotton: salinity-calcium interactions. *Plant, Cell and Environment*. 8(2): 155–159.
- Kotowski, F. (1926). Temperature relations to germination of vegetable seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*. 23:176-184.
- Labouriau, L. (1983). A germinação das sementes. Organización de Estados Unidos. Programa Regional de Desenvolvimento Científico y Tecnológico. *Revista de Biología*. Monografía 24.
- Lanteri, S; Kraak, H; De Vos, C; Bino, R. (1993). Effects of osmotic preconditioning on nuclear replication activity in seeds of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Physiologia Plantarum*. 89: 433-440.
- Lanteri, S; Nada, E; Belletti, P; Quagliotti, L; Bino, R. (1996). Effects of Controlled Deterioration and Osmoconditioning on Germination and Nuclear Replication in Seeds of Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Annals of Botany*. Wageningen, Holanda. 77: 591-597.
- Läuchli, A.; Epstein, E. (1990). Plant responses to saline and sodic conditions. In K.K. Tanji (ed). *Agricultural salinity assessment and management*. ASCE Manuales y Reportes en las Prácticas de Ingeniería No, 71. Nueva York. Estados Unidos. 113–137
- Läuchli, A; Grattan, R. (2007). *Plant Growth And Development Under Salinity Stress*. Universidad de California. Estados Unidos.
- Lee, A. (2003). Lipid-protein interactions in biological membranes: a structural prospective. *Biochim Biophys. Acta* 1612: 1-40.
- Ling-Yan, D; Hong-De, Z; Kui-De, Y; Ji-Dao, D; Yu-Xian, Z. (2017). Seed priming mitigates the effects of saline-alkali stress in soybean seedlings. Heilongjiang, China. *Chilean J. Agric. Res.* 77 (2).

- Mahajan, G; Sarlach, R; Japinder, S; Gill, M (2011). Seed Priming Effects on Germination, Growth and Yield of Dry Direct-Seeded Rice. *Journal of Crop Improvement*. Londres, Inglaterra. 25:4 409-417. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/15427528.2011.576381>
- Maiti, R.; Rajkumar, D.; Jagan, M.; Pramanik, K.; Vidasagar, P. (2013). Effect of seed priming on seedling vigour and yield of tomato and chilli. *Int J Bio-Resour Stress Manag* 4(2):119–125
- Malash, N; Flowers, T; Ragab, R. (2007). Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. *Irrigation Science*. 26(4).
- Marín, J. (2007). Acondicionamiento Osmótico De Semillas De Cebolla (*Allium Cepa* L.). Universidad Autónoma Chapingo, México. Abril 2007. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172007000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000100007)
- Matílla, A. (2008). Desarrollo y Germinación de las Semillas. Universidad Santiago de Compostela. México. ResearchGates. Recuperado de: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2016/08/Matilla-2008.pdf>
- McDonald, M. B. (2000). Seed priming. In: Seed Technology and its biological basic. Ed. By M. Black and J.D. Bewley Sheffield, Academic Press. p 286-325.
- Meghvansi, M; Siddiqui, S; Khan, M; Gupta, V; Vairale, M; Gogoi, H; Singh, L. (2010). *Naga chilli*: a potential source of capsaicinoids with broad-spectrum ethnopharmacological applications. *Journal of Ethnopharmacology*. 132: 1-14.
- Menichini, F; Tundis, R; Bonesi, M; Loizzo, M.R; Conforti, F; Statti, G; De Cindio, B; Houghton, P.J. (2009). The influence of fruit ripening on the phyto-chemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero. *Food Chemistry*. 114. 553-560.
- Meza, N; Arizaleta, M; Bautista, D. (2007). Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de parchita (*Passiflora edulis* f. flavicarpa). *Revista de la Facultad de Agronomía*. 24(1). Caracas, Venezuela.

- Montes, S; López, P; Hernández, S; Ramírez, M. (2008). Recopilación y análisis de la información existente de las especies del género *Capsicum* que crecen y se cultivan en México. INFIPAP. México.
- Moran-Aguilar, R; Ireta-Hernández, M; Rodríguez-Pérez, J; Martínez-Solís, J. (2006). Acondicionamiento osmótico en semillas de *Brassica oleracea* L. Instituto de Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Moreno, B.; Jimenez, S. (2013). Efecto del acondicionamiento osmótico en semillas de tomate (*Solanum lycopersicuml.*) var. Santa Clara. Facultad de Ciencias Agrarias. Fundación Universitaria Juan de Castellanos.
- Moreno, S. (2017). Extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) bajo condiciones de Cañete. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell Environ.* 25: 239-50.
- Nakaune, M; Hanada, A; Yin, Y; Matsukura, C; Yamaguchi, S. (2012). Molecular and physiological dissection of enhanced seed germination using short-term low-concentration salt seed priming in tomato. *Plant Physiol Biotech.* 52: 28-37.
- Nascimento, W; West, S. (1999). Muskmelon Transplant Production in Response to Seed Priming. *Horttechnology.* 9(1):53-55
- Nasri, N; Kaddour, R; Mahmoudi, H; Baatour, O; Bouraoui, N; Lachaâl, M. (2011). The effect of osmopriming on germination, seedling growth and phosphatase activities of lettuce under saline condition. *Afr JBiotechnol.* 10 (14): 66-72
- Nicanuzia, J; Veríssima, C; Aoyama, H. (2003). Acid phosphatase activities during the germination of Glycine max seeds. Departamento de Bioquímica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Sao Paulo, Brasil. *Plant Physiology and Biochemistry.* 4(2): 15–20.
- Nicho, P. (2003). Cultivo de Ají Escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*). Programa Nacional de Investigación de Hortalizas. Huaraz, Ancash, Perú.

Orchard, T. (1977). Estimating the parameters of plant seedling emergence. *Seed Science and Technology*. 5: 61–69.

Ozbay, N. (2018) Studies on Seed Priming in Pepper (*Capsicum annuum* L.). In: Rakshit A., Singh H. (eds) *Advances in Seed Priming*. Springer, Singapore. Recuperado de: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-981-13-0032-5\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-981-13-0032-5_12)

Paparella, S; Araújo, S; Rossi, G; Wijayasinghe, M; Carbonera, D; Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Rep.* 34:1281–1293

Pérez, F; Pita, J. (1998). Germinación de las Semillas. Hojas divulgadoras N° 2090 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Publicaciones “Paseo de la Infante Isabel”. Madrid, España.

Pérez, F; Pita, J. (2001). Viabilidad, Vigor, Longevidad y Conservación de las Semillas. Hojas divulgadoras N° 2112 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Publicaciones “Paseo de la Infante Isabel”. Madrid, España.

Porta, C.; López-Acevedo, R; Roquero, L. (1999). Edafología. Mundi-Prensa. Madrid. España. 454: 657-705

Pradhan, N; Prakash, P; Tiwari, S; Manimurugan, C; Sharma, R; Singh, P. (2014). Osmopriming of tomato genotypes with polyethylene glycol 6000 induces tolerance to salinity stress. *Trends Biosci.*7: 4412-7.

Primack, R. (1980). Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. *Journal of Ecology*. 68:849-862.

Quintero, M.; Guerrero, M.; Guillen, O.; Marín, J.; Delgado-Sánchez, P; Guzmán, M. (2017). Priming Osmótico Mejora la Germinabilidad en Semillas de Chile Piquín. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis de Potosí. México. ResearchGate.

Ranal, M; García de Santana, D. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasil. Bot.* 29 (1): 1-11.

Randhir, R; Shetty, K. (2005). Developmental stimulation of total phenolics and related antioxidant activity in light- and dark-germinated corn by natural elicitors. *Process Biochem.* 40:1721–1732

Ríos, M. (2017). Caracterización Agromorfológica de diez selecciones de Ají Escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), bajo condiciones de La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Ruttanaruangboworn, A; Chanprasert, W; Tobunluepop, P; Onwimol, D. (2017). Effect of seed priming with different concentrations of potassium nitrate on the pattern of seed imbibition and germination of rice (*Oryza sativa* L.). Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. *Journal of Integrative Agriculture.* 16(3): 605–613.

Ruíz, N; Ramírez, R; Rincón, F; Robledo, V; Díaz, C. (2004). Osmocondicionamiento de semilla de chile ancho. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Sánchez, J.; Mejía, J.; Hernández, A.; Peña, A.; Carballo, A. (2007). Acondicionamiento osmótico de semillas de tomate de cáscara. *Agricultura Técnica en México.* 33: 115-123

Saracco, F; Bino, R; Bergervoet, J; Lanteri, S. (1995). Influence of priming-induced nuclear replication activity on storability of pepper (*Capsicum annuum* L.) seed. *Seed Science Research.* 5:25-29.

Senna, R; Simonin, V; Silva-Neto, M; Fialho, E. (2006). Induction of acid phosphatase activity during germination of maize (*Zea mays*) seeds. *Plant Physiology and Biochemistry.* 44: 467–473.

Shim, S.; Cheol Moon, J.; Seong Jang, C.; Raymer, P. y Kim, W. (2008). Effect of Potassium Nitrate Priming on Seed Germination of Seashore Paspalum. *Hortscience.*

Smith, P; Cobb, B. (1991). Physiological and enzymatic activity of pepper seeds (*Capsicum annuum*) during priming. *Physiol. Plant.* 82: 433-439

Suaréz, D; Melgarejo, L. (2010). Biología y germinación de semillas. Universidad Nacional, Colombia. *Revista Experimentos en Fisiología Vegetal.* 3(4).

Sun, Y; Sun, Y; Wang, M; Li, X-Y; Guo, X; Hu, R; Ma, J. (2010). Effects of seed priming on germination and seedling growth under water stress in rice. *Acta Agron Sin.* 36: 1931-40.

Sung, F; Chang, Y. (1993). Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. *Seed Sci Technol.* 21:97-105

Tester, M; Davenport, R. (2003). Na<sup>+</sup> Tolerance and Na<sup>+</sup> Transport in Higher Plants. *Annals of Botany.* 91: 503-527.

Thornton, J; Powell, A. (1992). Short term aerated hydration for improvement of seed quality in *Brassica oleracea* L. *Seed Sci. Res.* 2: 41-49

Vacher, J; Dizes, J; Espindola, G; Castillo, C. (1994). La capacidad de ajuste osmótica en la quinua *Chenopodium quinoa* Willd. *Agrosur* 22:20.

Valdes, V.; Bradford, K. (1987). Effects of seed coating and osmotic priming on the germination of lettuce seeds. *J Am Soc Hortic Sci* 112:153-156

Valle-Moysé, R.; Covarrubias-Prieto, J.; Ramírez-Pimentel, G.; Aguirre-Mancilla, C.; Iturriaga de la Fuente, G. y Raya-Pérez, JC. (2017). Osmoacondicionamiento de semilla de maíz pigmentado (*Zea mays* L.) Bofo y Celaya. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.*

Vavilov N., I. (1951). The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. p. 39 y 41. *Chronic Botanica Co., Waltham, Mass., U.S.A.*

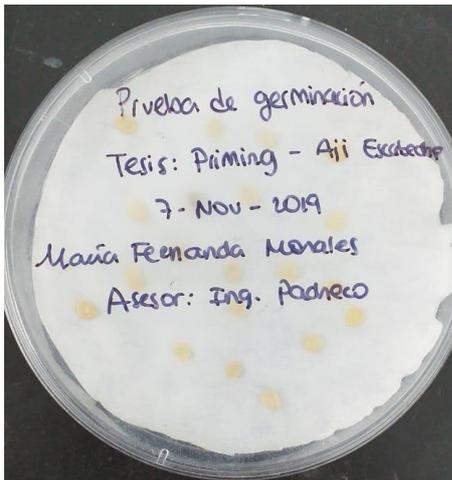
Windauer, L; Altuna, A y Benech-Arnold, R. (2007). Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. *Ind. Crop Prod.*, 25: 70-74.

Zuñiga, V. (2006). Páprika, cultivo y comercialización. Editorial Ripalme. Perú. p 26.

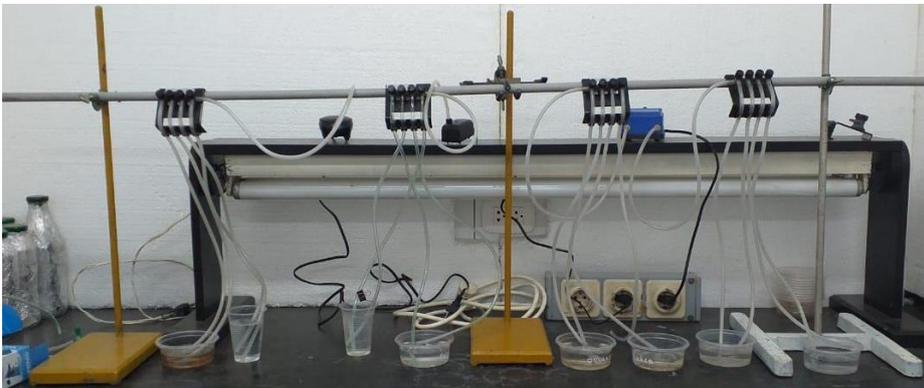
¿Cuánto ají consumen los peruanos al año? (5 de Setiembre del 2017). Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/aji-consumen-peruanos-ano-142978-noticia/>

## VIII. ANEXOS

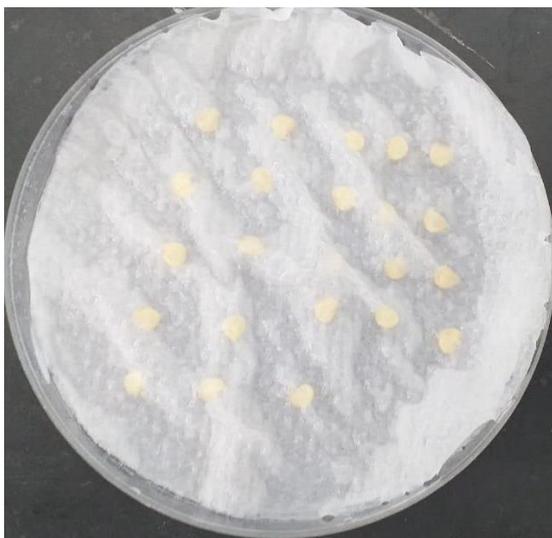
### Anexo 1: Prueba de germinación



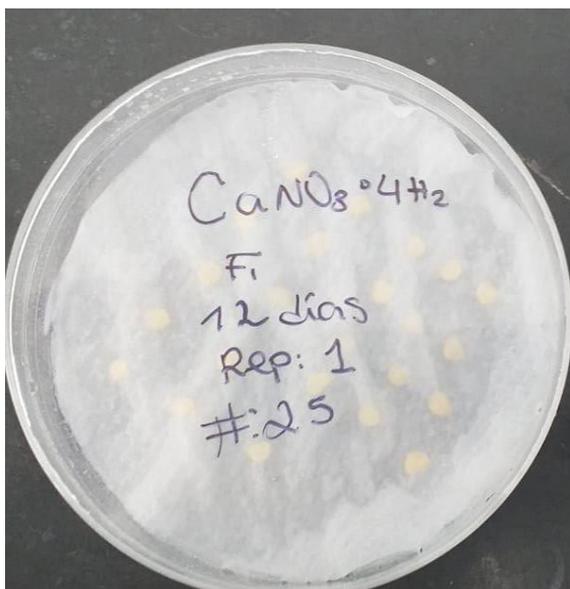
### Anexo 2: Equipo de oxigenación



**Anexo 3: Cubierta de semillas en placa Petri con papel toalla**



**Anexo 4: Rotulado de placas Petri**



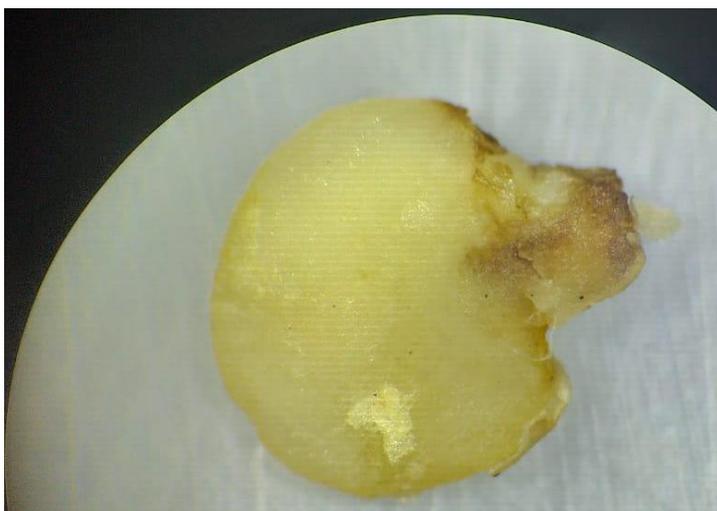
**Anexo 5: Semillas infectadas con *Phytium* sp.**



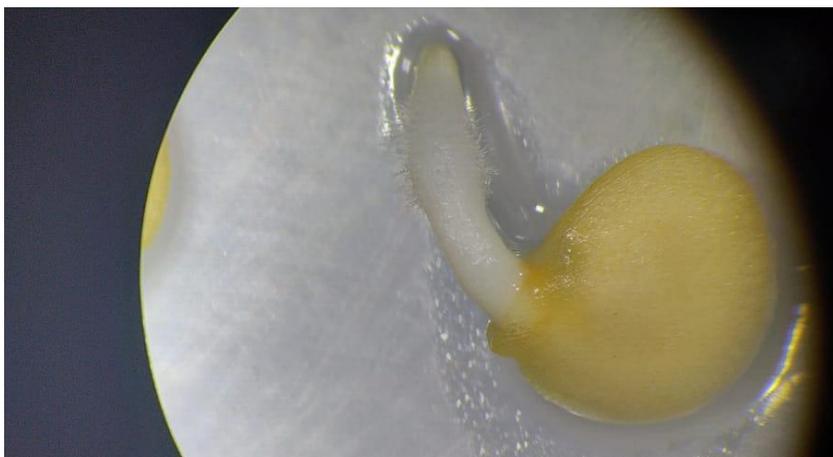
**Anexo 6: Semillas infectadas con *Phytium* sp.**



**Anexo 7: Semilla con mancha en la testa**



**Anexo 8: Semilla sin mancha germinada**



**Anexo 9: Semilla con mancha germinada**



**Anexo 10: Semillas germinadas en el tratamiento T1S0F2**



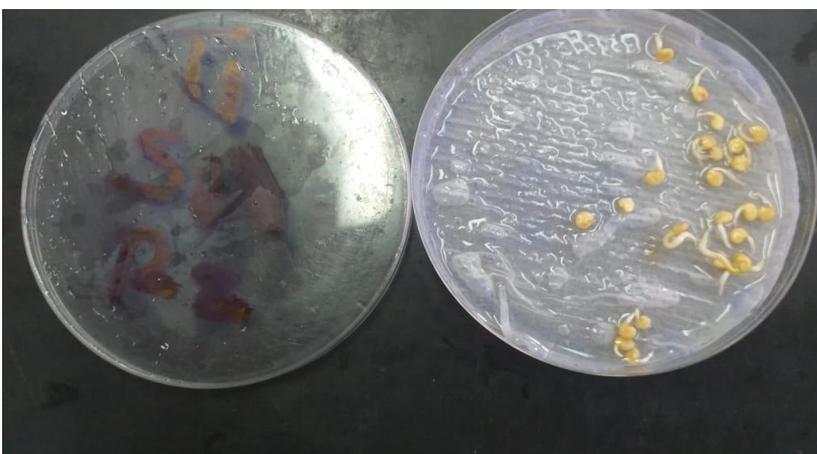
**Anexo 11: Semillas germinadas en el tratamiento T1S1F2**



**Anexo 12: Semillas germinadas en el tratamiento T1S2F2**



**Anexo 13: Semillas germinadas en el tratamiento T1S4F2**



**Anexo 14: Tabla de temperaturas registradas en las evaluaciones-Fase 1**

Fecha	Temperatura
03/12/2019 06:42:00 a. m.	23
03/12/2019 02:42:00 p. m.	24
03/12/2019 10:42:00 p. m.	23
04/12/2019 06:42:00 a. m.	21.5
04/12/2019 02:42:00 p. m.	23
04/12/2019 10:42:00 p. m.	21.5
05/12/2019 06:42:00 a. m.	22
05/12/2019 02:42:00 p. m.	23
05/12/2019 10:42:00 p. m.	23.5
06/12/2019 06:42:00 a. m.	23.5
06/12/2019 02:42:00 p. m.	23.5
06/12/2019 10:42:00 p. m.	21.5
07/12/2019 06:42:00 a. m.	22.5
07/12/2019 02:42:00 p. m.	25
07/12/2019 10:42:00 p. m.	25
08/12/2019 06:42:00 a. m.	24
08/12/2019 02:42:00 p. m.	24.5
08/12/2019 10:42:00 p. m.	25
09/12/2019 06:42:00 a. m.	24
09/12/2019 02:42:00 p. m.	24.5
09/12/2019 10:42:00 p. m.	25.5
10/12/2019 06:42:00 a. m.	24
10/12/2019 02:42:00 p. m.	25.5
10/12/2019 10:42:00 p. m.	25
11/12/2019 06:42:00 a. m.	24.5
11/12/2019 02:42:00 p. m.	24
11/12/2019 10:42:00 p. m.	24
12/12/2019 06:42:00 a. m.	24
12/12/2019 02:42:00 p. m.	24
12/12/2019 10:42:00 p. m.	24
13/12/2019 06:42:00 a. m.	24.5
13/12/2019 02:42:00 p. m.	25.5
13/12/2019 10:42:00 p. m.	25.5
14/12/2019 06:42:00 a. m.	24
14/12/2019 02:42:00 p. m.	26
14/12/2019 10:42:00 p. m.	26
15/12/2019 06:42:00 a. m.	24
15/12/2019 02:42:00 p. m.	25.5
15/12/2019 10:42:00 p. m.	25.5
16/12/2019 06:42:00 a. m.	24
16/12/2019 02:42:00 p. m.	24.5
16/12/2019 10:42:00 p. m.	25

**Anexo 15: Tabla de temperaturas registradas en las evaluaciones-Fase 2**

Fecha	Temperatura
12/12/2019 06:42:00 a. m.	24
12/12/2019 02:42:00 p. m.	24
12/12/2019 10:42:00 p. m.	24
13/12/2019 06:42:00 a. m.	24.5
13/12/2019 02:42:00 p. m.	25.5
13/12/2019 10:42:00 p. m.	25.5
14/12/2019 06:42:00 a. m.	24
14/12/2019 02:42:00 p. m.	26
14/12/2019 10:42:00 p. m.	26
15/12/2019 06:42:00 a. m.	24
15/12/2019 02:42:00 p. m.	25.5
15/12/2019 10:42:00 p. m.	25.5
16/12/2019 06:42:00 a. m.	24
16/12/2019 02:42:00 p. m.	24.5
16/12/2019 10:42:00 p. m.	25
17/12/2019 06:42:00 a. m.	24
17/12/2019 02:42:00 p. m.	25
17/12/2019 10:42:00 p. m.	26
18/12/2019 06:42:00 a. m.	24
18/12/2019 02:42:00 p. m.	25
18/12/2019 10:42:00 p. m.	26.5
19/12/2019 06:42:00 a. m.	24.5
19/12/2019 02:42:00 p. m.	25.5
19/12/2019 10:42:00 p. m.	27
20/12/2019 06:42:00 a. m.	25
20/12/2019 02:42:00 p. m.	25
20/12/2019 10:42:00 p. m.	26.5
21/12/2019 06:42:00 a. m.	25
21/12/2019 02:42:00 p. m.	24.5
21/12/2019 10:42:00 p. m.	26.5
22/12/2019 06:42:00 a. m.	24.5
22/12/2019 02:42:00 p. m.	25.5
22/12/2019 10:42:00 p. m.	26.5
23/12/2019 06:42:00 a. m.	24.5
23/12/2019 02:42:00 p. m.	26
23/12/2019 10:42:00 p. m.	27
24/12/2019 06:42:00 a. m.	25
24/12/2019 02:42:00 p. m.	25.5
24/12/2019 10:42:00 p. m.	27
25/12/2019 06:42:00 a. m.	24.5
25/12/2019 02:42:00 p. m.	25
25/12/2019 10:42:00 p. m.	26.5

**Anexo 16.A: Tabla de resultados obtenidos en la Fase 1 según las variables en estudio.**

Días de inmersión	Tratamiento	Repetición	G (%)	MGT (horas)	GSP	UNC	SYN
12DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	1	100	7.9	12.6	2.5	0.17
12DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	2	100	11.2	8.9	3.4	0.08
12DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	3	100	9.5	10.6	2.9	0.11
12DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	4	100	9.4	10.6	2.8	0.15
12DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	1	100	8.3	12.1	2.9	0.13
12DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	2	100	9.0	11.2	2.5	0.15
12DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	3	100	8.3	12.0	2.8	0.15
12DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	4	100	9.2	10.9	3.0	0.09
12DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	1	100	6.6	15.2	2.7	0.15
12DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	2	100	5.9	16.9	1.9	0.28
12DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	3	100	7.5	13.3	2.6	0.16
12DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	4	100	7.6	13.2	2.7	0.15
12DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O 0.3M	1	100	12.3	8.1	2.4	0.18
12DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O 0.3M	2	100	10.2	9.8	3.2	0.09
12DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O 0.3M	3	100	8.2	12.2	3.1	0.12
12DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O 0.3M	4	100	8.8	11.4	2.7	0.15

**Nota:** G: Germinabilidad. MGT: Tiempo Medio de Germinación. GSP: Velocidad de Germinación. UNC: Índice de Incertidumbre. SYN: Índice de Sincronización

**Anexo 16.B: Tabla de resultados obtenidos en la Fase 1 según las variables en estudio.**

Días de inmersión	Tratamiento	Repetición	G (%)	MGT (horas)	GSP	UNC	SYN
9DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	1	100	8.6	11.7	2.7	0.15
9DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	2	100	8.1	12.3	2.9	0.12
9DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	3	100	7.4	13.6	2.6	0.16
9DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	4	100	7.8	12.9	2.5	0.16
9DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	1	100	9.3	10.8	3.0	0.11
9DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	2	100	8.6	11.7	2.8	0.17
9DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	3	100	10.1	9.9	3.2	0.09
9DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	4	100	10.5	9.5	3.2	0.09
9DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	1	100	8.5	11.7	2.6	0.15
9DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	2	100	7.9	12.7	3.0	0.11
9DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	3	100	8.0	12.5	2.8	0.13
9DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	4	100	9.7	10.3	2.7	0.14
9DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O 0.3M	1	100	11.0	9.1	3.1	0.09
9DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O 0.3M	2	100	11.0	9.1	3.2	0.10
9DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O 0.3M	3	100	13.6	7.3	2.9	0.15
9DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O 0.3M	4	100	10.8	9.3	3.4	0.07

**Nota:** G: Germinabilidad. MGT: Tiempo Medio de Germinación. GSP: Velocidad de Germinación. UNC: Índice de Incertidumbre. SYN: Índice de Sincronización

**Anexo 16.C: Tabla de resultados obtenidos en la Fase 1 según las variables en estudio.**

Días de inmersión	Tratamiento	Repetición	G (%)	MGT (horas)	GSP	UNC	SYN
6DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	1	100	9.5	10.5	2.8	0.13
6DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	2	100	10.1	9.9	2.7	0.16
6DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	3	100	9.6	10.4	2.4	0.20
6DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	4	100	9.6	10.5	3.0	0.11
6DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	1	100	15.8	6.3	3.1	0.11
6DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	2	84	16.0	6.2	3.4	0.06
6DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	3	100	11.3	8.9	2.8	0.12
6DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	4	100	13.5	7.4	3.5	0.06
6DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	1	100	11.3	8.8	3.0	0.11
6DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	2	100	10.4	9.6	3.0	0.13
6DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	3	100	10.2	9.8	3.3	0.08
6DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	4	100	11.6	8.6	3.2	0.08
6DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O 0.3M	1	100	10.4	9.7	3.7	0.05
6DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O 0.3M	2	100	10.4	9.6	3.4	0.07
6DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O 0.3M	3	100	10.3	9.7	3.5	0.06
6DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O 0.3M	4	100	10.3	9.7	3.3	0.07

**Nota:** G: Germinabilidad. MGT: Tiempo Medio de Germinación. GSP: Velocidad de Germinación. UNC: Índice de Incertidumbre. SYN: Índice de Sincronización

**Anexo 16.D: Tabla de resultados obtenidos en la Fase 1 según las variables en estudio.**

Días de inmersión	Tratamiento	Repetición	G (%)	MGT (horas)	GSP	UNC	SYN
3DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	1	100	11.4	8.8	2.7	0.16
3DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	2	100	11.1	9.0	2.4	0.23
3DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	3	100	11.7	8.6	2.6	0.17
3DDI	KNO <sub>3</sub> 0.4M	4	100	9.7	10.3	2.6	0.14
3DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	1	100	14.5	6.9	3.6	0.05
3DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	2	100	14.4	6.9	3.2	0.10
3DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	3	100	15.4	6.5	2.7	0.17
3DDI	KSO <sub>4</sub> 0.4M	4	100	15.1	6.6	3.3	0.08
3DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	1	100	13.2	7.6	3.5	0.06
3DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	2	100	14.3	7.0	3.8	0.04
3DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	3	100	10.9	9.2	3.4	0.07
3DDI	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.3M	4	100	13.5	7.4	3.4	0.07
3DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O 0.3M	1	100	11.2	9.0	2.9	0.18
3DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O 0.3M	2	100	10.5	9.5	2.8	0.15
3DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O 0.3M	3	100	12.2	8.2	3.0	0.11
3DDI	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O 0.3M	4	100	12.4	8.1	2.8	0.16

**Nota:** G: Germinabilidad. MGT: Tiempo Medio de Germinación. GSP: Velocidad de Germinación. UNC: Índice de Incertidumbre. SYN: Índice de Sincronización

**Anexo 17: Tabla de ANOVA para la variable “Germinabilidad”-Fase 1**

Factores	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SALES	4	20.94	5.235	0.927	0.456
DÍAS	3	11	3.667	0.649	0.587
SALES:DÍAS	9	49	5.444	0.964	0.48
Residual	51	288	5.647		

\*:  $p < 0.05$ . Df: Grados de Libertad. Sum Sq: Suma de cuadrados. Mean Sq: Media de cuadrados. Fvalue: F valor. Pr(>F): P valor.

**Anexo 18: Tabla de ANOVA para la variable “Tiempo Medio de Germinación” - Fase 1**

Factores	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SALES	4	1508.9	377.2	261.047	2.00E-16*
DÍAS	3	146.8	48.9	33.869	3.46E-12*
SALES:DÍAS	9	82.6	9.2	6.348	5.55E-06*
Residual	51	73.7	1.4		

\*:  $p < 0.05$ . Df: Grados de Libertad. Sum Sq: Suma de cuadrados. Mean Sq: Media de cuadrados. Fvalue: F valor. Pr(>F): P valor.

**Anexo 19: Tabla de ANOVA para la variable “Velocidad de Germinación” -Fase 1**

Factores	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SALES	4	209.08	52.27	53.28	2.00E-16*
DÍAS	3	135.5	45.17	46.039	1.52E-14*
SALES:DÍAS	9	73.27	8.14	8.298	1.76E-07*
Residual	51	50.03	0.98		

\*:  $p < 0.05$ . Df: Grados de Libertad. Sum Sq: Suma de cuadrados. Mean Sq: Media de cuadrados. Fvalue: F valor. Pr(>F): P valor.

**Anexo 20: Tabla de ANOVA para la variable “Índice de Incertidumbre” -Fase 1**

Factores	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SALES	4	4.46	1.1149	18.732	1.58E-09*
DÍAS	3	1.248	0.4161	6.992	0.000499*
SALES:DÍAS	9	2.81	0.3122	5.246	4.76E-05*
Residual	51	3.035	0.0595		

\*:  $p < 0.05$ . Df: Grados de Libertad. Sum Sq: Suma de cuadrados. Mean Sq: Media de cuadrados. Fvalue: F valor. Pr(>F): P valor.

**Anexo 21: Tabla de ANOVA para la variable “Índice de Sincronización” -Fase 1**

Factores	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SALES	4	0.04554	0.011384	9.583	7.40E-06*
DÍAS	3	0.01522	0.005073	4.271	0.009138*
SALES:DÍAS	9	0.04408	0.004898	4.123	0.000497*
Residual	51	0.06058	0.001188		

\*:  $p < 0.05$ . Df: Grados de Libertad. Sum Sq: Suma de cuadrados. Mean Sq: Media de cuadrados. Fvalue: F valor. Pr(>F): P valor.

**Anexo 22.A: Tabla de resultados obtenidos en la Fase 2 según las variables en estudio**

Osmoacond.	C.E (dS/m)	Repetición	G (%)	MGT (horas)	GSP (%)	UNC	SYN
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	0	1	100	10.4	9.6	3.0	0.127
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	0	2	100	8.4	12.0	2.0	0.340
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	0	3	100	5.9	17.0	1.8	0.350
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	0	4	100	8.8	11.4	3.0	0.123
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	0	1	100	14.2	7.0	3.6	0.053
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	0	2	100	10.7	9.3	3.3	0.083
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	0	3	96	11.8	8.5	3.4	0.065
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	0	4	96	14.6	6.8	3.6	0.051
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	0	1	100	8.3	12.0	2.3	0.173
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	0	2	100	10.4	9.7	3.0	0.110
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	0	3	100	11.2	9.0	3.1	0.120
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	0	4	100	9.1	11.0	3.0	0.113
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	0	1	100	15.1	6.6	3.9	0.033
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	0	2	96	18.4	5.4	3.9	0.029
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	0	3	100	17.1	5.8	4.0	0.030
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	0	4	96	14.6	6.9	3.5	0.062

**Nota:** Osmoacond.: Tratamiento de Osmoacondicionamiento. C.E: Conductividad Eléctrica. G: Germinabilidad. MGT: Tiempo Medio de Germinación. GSP: Velocidad de Germinación. UNC: Índice de Incertidumbre. SYN: Índice de Sincronización

**Anexo 22.B: Tabla de resultados obtenidos en la Fase 2 según las variables en estudio.**

Osmoacond.	C.E (dS/m)	Repetición	G (%)	MGT (horas)	GSP (%)	UNC	SYN
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	0	1	100	10.4	9.6	3.0	0.127
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	0	2	100	8.4	12.0	2.0	0.340
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	0	3	100	5.9	17.0	1.8	0.350
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	0	4	100	8.8	11.4	3.0	0.123
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	0	1	100	14.2	7.0	3.6	0.053
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	0	2	100	10.7	9.3	3.3	0.083
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	0	3	96	11.8	8.5	3.4	0.065
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	0	4	96	14.6	6.8	3.6	0.051
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	0	1	100	8.3	12.0	2.3	0.173
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	0	2	100	10.4	9.7	3.0	0.110
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	0	3	100	11.2	9.0	3.1	0.120
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	0	4	100	9.1	11.0	3.0	0.113
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	0	1	100	15.1	6.6	3.9	0.033
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	0	2	96	18.4	5.4	3.9	0.029
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	0	3	100	17.1	5.8	4.0	0.030
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	0	4	96	14.6	6.9	3.5	0.062

**Nota:** Osmoacond.: Tratamiento de Osmoacondicionamiento. C.E: Conductividad Eléctrica. G: Germinabilidad. MGT: Tiempo Medio de Germinación. GSP: Velocidad de Germinación. UNC: Índice de Incertidumbre. SYN: Índice de Sincronización

**Anexo 22.C: Tabla de resultados obtenidos en la Fase 2 según las variables en estudio.**

Osmoacond.	C.E (dS/m)	Repetición	G (%)	MGT (horas)	GSP (%)	UNC	SYN
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	2	1	100	9.6	10.4	2.2	0.263
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	2	2	100	10.2	9.8	3.0	0.123
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	2	3	96	11.0	9.1	2.4	0.290
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	2	4	100	11.9	8.4	2.7	0.180
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	2	1	100	15.6	6.4	3.8	0.040
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	2	2	100	13.4	7.4	3.4	0.073
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	2	3	100	13.6	7.4	3.4	0.073
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	2	4	100	13.3	7.5	3.6	0.053
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	2	1	100	11.8	8.5	2.9	0.137
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	2	2	100	12.4	8.1	3.2	0.083
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	2	3	100	10.6	9.5	2.8	0.140
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	2	4	100	12.6	8.0	3.4	0.070
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	2	1	100	12.0	8.3	3.2	0.117
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	2	2	96	12.4	8.1	3.3	0.087
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	2	3	100	14.1	7.1	3.0	0.107
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	2	4	100	11.8	8.5	3.3	0.087

**Nota:** Osmoacond.: Tratamiento de Osmoacondicionamiento. C.E: Conductividad Eléctrica. G: Germinabilidad. MGT: Tiempo Medio de Germinación. GSP: Velocidad de Germinación. UNC: Índice de Incertidumbre. SYN: Índice de Sincronización

**Anexo 22.D: Tabla de resultados obtenidos en la Fase 2 según las variables en estudio.**

Osmoacond.	C.E (dS/m)	Repetición	G (%)	MGT (horas)	GSP (%)	UNC	SYN
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	4	1	92	17.3	5.8	3.6	0.055
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	4	2	92	13.3	7.5	3.3	0.067
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	4	3	96	11.7	8.6	2.8	0.163
KNO <sub>3</sub> 0.4M (12DDI)	4	4	100	11.2	8.9	2.8	0.163
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	4	1	92	14.6	6.9	3.3	0.087
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	4	2	96	17.8	5.6	3.8	0.047
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	4	3	92	18.7	5.3	3.8	0.051
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.4M (12DDI)	4	4	96	23.2	4.3	3.9	0.036
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	4	1	92	14.0	7.1	2.9	0.138
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	4	2	96	17.2	5.8	3.5	0.058
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	4	3	96	13.3	7.5	2.9	0.123
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.3 M (12DDI)	4	4	96	16.8	6.0	3.4	0.069
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	4	1	92	19.7	5.1	3.6	0.063
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	4	2	76	20.2	5.0	3.6	0.035
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	4	3	68	19.0	5.3	3.3	0.066
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O 0.3M (12DDI)	4	4	92	17.3	5.8	3.8	0.040

**Nota:** Osmoacond.: Tratamiento de Osmoacondicionamiento. C.E: Conductividad Eléctrica. G: Germinabilidad. MGT: Tiempo Medio de Germinación. GSP: Velocidad de Germinación. UNC: Índice de Incertidumbre. SYN: Índice de Sincronización

**Anexo 22.E: Tabla de resultados obtenidos en la Fase 2 según las variables en estudio.**

Osmoacond.	C.E (dS/m)	Repetición	G (%)	MGT (horas)	GSP (%)	UNC	SYN
TESTIGO	0	1	100	12.3	8.1	2.9	0.170
TESTIGO	0	2	100	13.8	7.2	3.7	0.057
TESTIGO	0	3	100	10.9	9.2	3.0	0.103
TESTIGO	0	4	100	11.2	8.9	3.1	0.103
TESTIGO	1	1	88	31.4	3.2	3.8	0.035
TESTIGO	1	2	76	24.9	4.0	3.9	0.018
TESTIGO	1	3	80	24.1	4.2	4.0	0.016
TESTIGO	1	4	88	29.9	3.3	3.1	0.100
TESTIGO	2	1	100	22.5	4.4	3.8	0.043
TESTIGO	2	2	88	18.7	5.3	3.8	0.035
TESTIGO	2	3	88	24.1	4.1	3.6	0.056
TESTIGO	2	4	88	27.8	3.6	3.4	0.065
TESTIGO	4	1	84	28.0	3.6	3.6	0.043
TESTIGO	4	2	92	23.3	4.3	3.6	0.071
TESTIGO	4	3	84	27.5	3.6	3.9	0.024
TESTIGO	4	4	84	27.5	3.6	3.7	0.033

**Nota:** Osmoacond.: Tratamiento de Osmoacondicionamiento. C.E: Conductividad Eléctrica. G: Germinabilidad. MGT: Tiempo Medio de Germinación. GSP: Velocidad de Germinación. UNC: Índice de Incertidumbre. SYN: Índice de Sincronización

**Anexo 23: Tabla de ANOVA para la variable “Germinabilidad” -Fase 2**

Factores	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
OSMOACONDICIONAMIENTO	4	861.2	215.3	15.021	1.46E-08
DÍAS	3	895	298.33	20.814	2.31E-09
OSMOACONDICIONAMIENTO: DÍAS	12	822	68.5	4.779	1.97E-05
Residual	60	860	14.33		

\*:  $p < 0.05$ . Df: Grados de Libertad. Sum Sq: Suma de cuadrados. Mean Sq: Media de cuadrados. Fvalue: F valor. Pr(>F): P valor.

**Anexo 24: Tabla de ANOVA para la variable “Tiempo Medio de Germinación” Fase 2**

Factores	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
OSMOACONDICIONAMIENTO	4	4	1265.1	316.3	79.713
DÍAS	3	3	464.2	154.7	38.999
OSMOACONDICIONAMIENTO: DÍAS	12	12	435.5	36.3	9.146
Residual	60	60	238.1	4	

\*:  $p < 0.05$ . Df: Grados de Libertad. Sum Sq: Suma de cuadrados. Mean Sq: Media de cuadrados. Fvalue: F valor. Pr(>F): P valor.

**Anexo 25: Tabla de ANOVA para la variable “Velocidad de Germinación” -Fase 2**

Factores	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
OSMOACONDICIONAMIENTO	4	200.22	50.06	43.743	$< 2e-16$
DÍAS	3	109.85	36.62	31.999	1.76E-12
OSMOACONDICIONAMIENTO: DÍAS	12	57.79	4.82	4.208	8.76E-05
Residual	60	68.66	1.14		

\*:  $p < 0.05$ . Df: Grados de Libertad. Sum Sq: Suma de cuadrados. Mean Sq: Media de cuadrados. Fvalue: F valor. Pr(>F): P valor.

**Anexo 26: Tabla de ANOVA para la variable “Índice de Incertidumbre” -Fase 2**

Factores	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
OSMOACONDICIONAMIENTO	4	9.537	2.3842	24.829	3.73E-12
DÍAS	3	1.521	0.5071	5.281	0.00268
OSMOACONDICIONAMIENTO: DÍAS	12	2.762	0.2302	2.397	0.01321
Residual	60	5.761	0.096		

\*:  $p < 0.05$ . Df: Grados de Libertad. Sum Sq: Suma de cuadrados. Mean Sq: Media de cuadrados. Fvalue: F valor. Pr(>F): P valor.

**Anexo 27: Tabla de ANOVA para la variable “Índice de Sincronización” -Fase 2**

Factores	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
OSMOACONDICIONAMIENTO	4	0.1885	0.04712	21.988	3.28E-11
DÍAS	3	0.02753	0.00918	4.282	0.00835
OSMOACONDICIONAMIENTO: DÍAS	12	0.04416	0.00368	1.717	0.08553
Residual	60	0.12859	0.00214		

\*:  $p < 0.05$ . Df: Grados de Libertad. Sum Sq: Suma de cuadrados. Mean Sq: Media de cuadrados. Fvalue: F valor. Pr(>F): P valor. Pr(>F): P valor.