



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE SEIS VARIEDADES DE UCHUVA
(*Physalis peruviana* L.) BAJO DOS CONDICIONES DE
ALMACENAMIENTO

TESIS

Como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Presenta:

MARÍA CONCEPCIÓN HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

Bajo la dirección de:

DR. AURELIANO PEÑA LOMELÍ

Chapingo, Estado de México, abril 2026.



APROBADA



**CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE SEIS VARIEDADES DE UCHUVA
(*Physalis peruviana* L.) BAJO DOS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

Tesis realizada por **MARÍA CONCEPCIÓN HERNÁNDEZ MARTÍNEZ** bajo la supervisión del Comité Asesor Indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



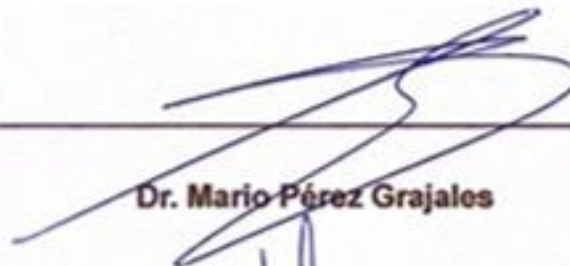
Dr. Aureliano Peña Lomell

ASESOR:



Dr. Natanael Magaña Lira

ASESOR:



Dr. Mario Pérez Grajales

ASESOR EXTERNO:



M.C. Domingo Montalvo Hernández

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	viii
DEDICATORIA	ix
DATOS BIOGRÁFICOS	x
RESUMEN GENERAL	xi
ABSTRACT	xii
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Objetivos.....	3
General.....	3
Específicos	3
1.2 Hipótesis.....	3
CAPITULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen y distribución	4
2.2 Importancia económica.....	4
2.3 Descripción taxonómica y requerimientos agroecológicos	5
2.4 Descripción botánica	5
2.5 Variedades de uchuva	5
2.6 Importancia de la semilla en la propagación de uchuva	6
2.7 Madurez fisiológica de la semilla	7
2.8 Calidad de la semilla.....	7
2.8.1 Calidad física	7

2.8.2	Calidad genética	8
2.8.3	Calidad sanitaria	8
2.8.4	Calidad fisiológica de la semilla	8
2.8.4.1	Viabilidad	9
2.8.4.2	Germinación.....	9
2.8.4.3	Vigor	10
2.9	Deterioro en las semillas	10
2.9.1	Factores que provocan deterioro	11
2.10	Almacenamiento de semillas	11
2.10.1	Factores a considerar para mejorar el almacenamiento.....	12
2.10.1.1	Contenido de humedad en la semilla.....	12
2.10.1.2	Humedad relativa.....	13
2.10.1.3	Temperatura.....	13
2.10.1.4	Gases O ₂ y CO ₂	14
2.10.2	Almacenamiento en el banco de germoplasma.....	14
2.10.3	Almacenamiento en temperatura ambiente.....	15
2.11	Latencia o dormancia	16
2.11.1	Posibles causas de la latencia.....	17
2.11.2	Mecanismos para romper latencia.....	17
2.12	Latencia en uchuva	18
	Literatura citada	19

CAPÍTULO 3. CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE SEIS VARIEDADES DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) BAJO DOS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO.....27

Resumen	27
Abstract	28
3.1 Introducción	29
3.2 Materiales y métodos.....	30
3.3 Resultados y discusión	34
3.3.1 Análisis de varianza de la calidad fisiológica de semilla (primera prueba).....	34
3.3.2 Comparación de medias (primera prueba).....	36
3.3.3 Análisis de varianza de la calidad fisiológica de semilla (segunda prueba).....	39
3.3.4 Comparación de medias (segunda prueba).....	42
3.4 Conclusiones	49
3.5 Literatura citada	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con tratamientos pregerminativos sin condiciones de almacenamiento.	34
Cuadro 3.2. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con tratamientos pregerminativos sin condiciones de almacenamiento.	35

Cuadro 3.3. Pruebas de comparación de medias de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con tratamientos pregerminativos sin condiciones de almacenamiento.....	37
Cuadro 3.4. Pruebas de comparación de medias de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con tratamientos pregerminativos sin condiciones de almacenamiento.....	38
Cuadro 3.5. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) almacenadas en dos condiciones de almacenamiento durante un año.	40
Cuadro 3.6. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) almacenadas en dos condiciones de almacenamiento durante un año.	41
Cuadro 3.7. Pruebas de comparación de medias de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) almacenadas en dos condiciones de almacenamiento durante un año.	43
Cuadro 3.8. Pruebas de comparación de medias de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) almacenadas en dos condiciones de almacenamiento durante un año.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Comparación de medias entre niveles de remojo para cada variedad de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.). Barras con la misma letra dentro de variedades no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).....	39
Figura 3.2. Comparación de medias entre tiempo de almacenamiento para cada variedad. Barras con la misma letra dentro de variedades no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).....	46

Figura 3.3. Comparación de medias entre niveles de remojo en cada ambiente. Barras con la misma letra dentro de variedades no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).....	47
Figura 3.4. Comparación de medias entre niveles de remojo en cada tiempo de almacenamiento. Letras iguales para cada tiempo de almacenamiento no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).....	48
Figura 3.5. Comparación de medias entre ambientes para cada tiempo de almacenamiento. Letras iguales para cada tiempo de almacenamiento no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).....	48

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONAHCYT (SECIHTI), por la beca otorgada durante la realización de mis estudios de Maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia por formarme profesionalmente.

A mi comité asesor: Dr. Aureliano Peña Lomelí, Dr. Natanael Magaña Lira, Dr. Mario Pérez Grajales, M.C. Domingo Montalvo Hernández, por brindarme su confianza, asesoría, paciencia y sus valiosas aportaciones para realizar y desarrollar este trabajo de investigación.

A los compañeros y amigos del posgrado que estuvieron apoyando en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres Arcadio Hernández Ocampo[†] y Felicitas Martínez Martínez

A mis hermanas y hermanos

A mis sobrinas y sobrinos

A Eduardo Vences Macedo

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: María Concepción Hernández Martínez

Fecha de nacimiento: 28 de diciembre de 2000

Lugar de nacimiento: Coatepec Harinas, Estado de México

CURP: HEMC001228MMRRNA5

Profesión: Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Cédula profesional: 13314067



Desarrollo académico

Bachillerato: 2015-2018 Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de México (CECyTEM)

Licenciatura: 2018-2022 Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO)

Maestría: 2024-2025 Programa de Maestría en Ciencias en Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN GENERAL

CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE SEIS VARIEDADES DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) BAJO DOS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO¹

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una fruta exótica cuya producción y demanda ha aumentado en los últimos años. El cultivo se establece por semilla, que presenta latencia y dificultades al momento de su germinación. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del remojo y el almacenamiento sobre la calidad fisiológica de semilla de seis variedades de uchuva a través del tiempo. Las semillas fueron almacenadas durante un año en el Banco de Germoplasma (-20 °C y H.R. 13 %) y en el Laboratorio de Semillas (23.43 °C y H.R. 23 %) de la Universidad Autónoma Chapingo, México. Se realizaron cinco pruebas de calidad fisiológica cada tres meses durante un año, en un diseño de tratamientos factorial completo en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las pruebas se realizaron en una cámara germinadora a 30 °C durante 28 días. En la primera prueba, previo al almacenamiento, se realizó una comparación de remojos con AG₃ (500 ppm), agua y un testigo (sin remojo) en las seis variedades. A partir de la segunda prueba se evaluaron seis variedades, con remojo (AG₃, 500 ppm) y sin remojo, en los dos tipos de almacenamiento a través del tiempo (tres, seis, nueve y doce meses). En la primera evaluación el tratamiento con ácido giberélico (AG₃) promovió un aumento en la germinación y en el índice de velocidad de germinación. Después del almacenamiento, el remojo con AG₃ tuvo efectos positivos en la calidad de la semilla, en particular cuando fue almacenada en el banco de germoplasma. La variedad Colombia presentó los valores más altos de germinación y vigor. Tras doce meses de almacenamiento se incrementó la calidad fisiológica de las semillas.

Palabras clave: germinación, vigor, remojo, tiempo de almacenamiento.

¹Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: María Concepción Hernández Martínez
Director de tesis: Dr. Aureliano Peña Lomelí

ABSTRACT

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS FROM SIX VARIETIES OF CAPE GOOSEBERRY (*Physalis peruviana* L.) UNDER TWO STORAGE CONDITIONS²

The cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) is an exotic fruit whose production and demand have increased in recent years. The crop is established from seed, which exhibits dormancy and difficulties during germination. The objective of this study was to evaluate the effect of soaking and storage on the physiological quality of seeds from six varieties of cape gooseberry over time. The seeds were stored for one year at the Germplasm Bank (-20 °C and 13 % relative humidity) and in the Seed Laboratory (23.43 °C and 23 % relative humidity) at the Autonomous University of Chapingo, Mexico. Five physiological quality tests were conducted every three months over the course of a year, using a completely randomized block design with a full factorial treatment layout and four replicates. The tests were conducted in a germination chamber at 30 °C for 28 days. In the first test, prior to storage, a comparison of soaking treatments with AG₃ (500 ppm), water, and a control (no soaking) was conducted on the six varieties. Starting with the second trial, six varieties were evaluated both with soaking (AG₃, 500 ppm) and without soaking under the two storage conditions over time (three, six, nine, and twelve months). In the first evaluation, treatment with gibberellic acid (GA₃) resulted in increased germination and germination rate index. After storage, soaking with AG₃ had positive effects on seed quality, particularly when stored in the germplasm bank. The variety Colombia exhibited the highest germination and vigor values. After twelve months of storage, the physiological quality of the seeds increased.

Keywords: germination, vigor, soaking, storage time

²Thesis of Master of Science in Horticulture, Universidad Autónoma Chapingo
Author: María Concepción Hernández Martínez
Thesis advisor: Dr. Aureliano Peña Lomelí

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una planta herbácea, semiarbustiva y perenne, pertenece a la familia de las solanáceas y al género *Physalis*, el origen corresponde a los Andes sudamericanos, principalmente en Colombia, Ecuador y Perú (Núñez et al., 2016). Estudios realizados en uchuva indican que existen características morfológicas de la planta y del fruto que muestran una diversificación genética dentro de la especie que permite la adaptación a diferentes ambientes (Fischer & Melgarejo, 2014). En la actualidad Colombia es el principal productor y exportador a nivel mundial (Cardona & Higuera, 2025).

Physalis peruviana ha pasado de ser un cultivo tradicional andino a consolidarse como una fruta exótica en los mercados internacionales. Su fruto, protegido por un cáliz, presenta un equilibrio sensorial entre dulzor y acidez; además destaca por su composición nutricional y contenido de antioxidantes (Muñoz et al., 2021).

El reconocimiento que ha adquirido la uchuva gracias a sus atributos ha despertado mayor interés científico y productivo. En este sentido, uno de los aspectos fundamentales dentro de su sistema de producción es la propagación mediante semillas, debido a que muestra buen porcentaje de germinación, desarrolla un mejor anclaje y mayor longevidad del cultivo en comparación de plantas que se propagan por estacas (Fischer et al., 2014). La calidad fisiológica de la semilla se convierte en un factor determinante para el éxito del cultivo, ya que influye directamente en la uniformidad de las plántulas (Bewley et al., 2012).

La calidad fisiológica de la semilla comprende su capacidad para germinar y desarrollar plántulas uniformes y vigorosas (de Freitas et al., 2024), y está en función de las condiciones de manejo, durante su almacenamiento. La temperatura y humedad relativa influyen en la velocidad del deterioro de las semillas, afectando su viabilidad y vigor. Por ello, el manejo adecuado de las condiciones de almacenamiento resulta determinante para conservar las semillas de alto desempeño fisiológico (Corbineau, 2024).

Además del deterioro de las semillas durante el almacenamiento, también se ven afectadas por mecanismos de latencia al momento de la germinación. El ácido giberélico es una hormona que promueve la síntesis de enzimas hidrolíticas y estimula la emergencia de la radícula, disminuyendo la presencia de la latencia (Wang et al., 2025). Además, el uso de tratamientos pree germinativos, como el remojo, tienden a acelerar la imbibición y activar procesos metabólicos que contribuyen a una germinación más uniforme.

A pesar de la creciente importancia agronómica de la uchuva, existen vacíos de información respecto al comportamiento fisiológico de sus semillas bajo diferentes condiciones de almacenamiento y entre variedades cultivadas. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad fisiológica de la semilla de seis variedades de *Physalis peruviana* bajo dos tipos de remojo y dos condiciones de almacenamiento y analizar el comportamiento de variables asociadas a la germinación, como son el vigor y crecimiento inicial de plántulas.

1.1 Objetivos

General

Evaluar el efecto del remojo y el almacenamiento sobre la calidad fisiológica de semilla de seis variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) a través del tiempo, con el propósito de determinar si tiene o no latencia.

Específicos

Determinar el tipo de remojo más adecuado para acelerar el proceso de germinación.

Analizar el efecto del remojo con AG₃ sobre la calidad fisiológica de la semilla a través del tiempo.

Estudiar el efecto del almacenamiento en cuarto frío y a temperatura ambiente sobre la calidad fisiológica de la semilla a través del tiempo.

1.2 Hipótesis

Las semillas almacenadas en cuarto frío a -20 °C tendrán mayor calidad fisiológica a lo largo del tiempo en comparación con las almacenadas a temperatura ambiente.

La calidad fisiológica de las semillas disminuirá al transcurrir el tiempo de almacenamiento.

Las seis variedades de uchuva mostrarán comportamientos diferenciados a las dos condiciones de almacenamiento.

El remojo con AG₃ tiene un efecto positivo en la calidad fisiológica de las semillas de uchuva, al mejorar la duración de su viabilidad y tasa de germinación bajo dos condiciones de almacenamiento.

CAPITULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y distribución

El origen de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) se asocia a los Andes de Sudamérica, principalmente en países como Perú, Chile, Colombia y Venezuela, sin embargo, se han encontrado referencias que vinculan a Brasil como centro de dispersión inicial. Es una planta perenne de crecimiento indeterminado, adaptada a ecosistemas de altura entre 800 y 3000 m. s. n. m. (Fischer & Melgarejo, 2014).

La uchuva es una especie que se adapta fácilmente y ha sido introducida y cultivada en diversas regiones del mundo, incluyendo África (Sudáfrica y Kenia), Asia (India, China), Europa (España, Italia) y en Norteamérica (EE. UU. y México en pequeña escala) (Puente et al., 2011). Actualmente Colombia se ha consolidado como el principal productor y exportador y lidera su comercialización en mercados internacionales, destacando la importancia económica del cultivo y su creciente demanda (Cardona & Higuera, 2025).

2.2 Importancia económica

El cultivo de *Physalis peruviana* se ha posicionado como una fruta exótica de gran importancia en el mercado mundial debido a su notable composición nutricional, ya que es rica en vitaminas, minerales y compuestos bioactivos que favorecen la salud humana (Miranda & Fischer, 2021). Estas propiedades, sumadas a su condición de fruto tropical con potencial antioxidante, antiinflamatorio y anticancerígeno, han impulsado su creciente demanda y reconocimiento internacional, convirtiéndola en un producto de exportación valioso. Si bien su comercialización se realiza principalmente en fresco, la fruta también se destina a la elaboración de productos agroindustriales, tales como salsas, jarabes, mermeladas, frutos deshidratados y también son utilizados como botanas, cocteles y cereales (El-Beltagi et al., 2019). Además, la planta produce sustancias llamadas withanólidos que funcionan como metabolitos secundarios con efecto repelente contra plagas de coleópteros (Fischer, 2011).

En la actualidad en México no se tiene gran producción de este cultivo, sin embargo, ha despertado creciente interés debido a su condición de fruta exótica, la dulzura del fruto y buenos contenidos de vitaminas A y C (Espinosa-Rodríguez et al., 2021). No obstante, diferentes instituciones académicas como el Colegio de Postgraduados, la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero han establecido parcelas experimentales que han permitido evaluar la adaptabilidad del cultivo bajo distintas condiciones agroclimáticas del país.

2.3 Descripción taxonómica y requerimientos agroecológicos

La uchuva pertenece a la familia de las solanáceas, al género *Physalis* y la especie corresponde a *Physalis peruviana* L.

El cultivo de uchuva tolera altitudes que van de los 1800 y 2800 metros sobre el nivel del mar, requiere suelos bien drenados, presenta un buen desempeño en rangos de temperatura entre 13 y 18 °C (Alfonso et al., 2012).

2.4 Descripción botánica

La planta de uchuva se desarrolla como semiarbusto semiperenne, alcanzando entre 1 y 1.5 m de altura. El tallo es erecto, ramificado y con tendencia a lignificarse; las hojas son simples alternas, de forma acorazonada, su superficie es pubescente y de color verde claro a oscuro; las flores son solitarias y se desarrollan en las axilas de las hojas, presentan una corola tubular color amarillo; el cáliz, formado por cinco sépalos envuelven al fruto durante todo su desarrollo; el fruto es una baya globosa de color amarillo-anaranjado con un diámetro entre 1.25 y 2.5 cm; las semillas son lenticulares, con dimensiones promedias de 2.05 mm de largo por 1.80 mm de ancho, con testa de color amarillo claro (Fischer et al., 2007; Fischer & Melgarejo, 2020).

2.5 Variedades de uchuva

La uchuva se caracteriza por tener una amplia diversidad genética y morfológica, la cual se manifiesta en diferentes variedades adaptadas a condiciones

agroclimáticas diferentes. Estas variedades muestran diferencias en aspectos como el porte de la planta, el tamaño, color y peso de los frutos, la cantidad de semillas y el potencial en términos de productividad y calidad (Miranda & Fischer, 2021).

Las variedades más cultivadas a nivel internacional han sido 'Colombia', 'Sudáfrica' y 'Kenia', las cuales han presentado diferencias importantes en características morfológicas y de calidad (Peña et al., 2010). Miranda y Fischer (2021) mencionaron que en la actualidad la variedad 'Colombia' se ha consolidado como la de mayor importancia comercial y de exportación. Por otra parte, Orozco-Balbuena et al. (2021) señalaron que las variedades 'Sacha' y 'Modificada' (del Ecuador), 'Chiclayo' (del Perú) y 'Colombia' (de Colombia) son usadas para investigaciones en México.

2.6 Importancia de la semilla en la propagación de uchuva

La semilla se origina tras la fecundación del óvulo por el grano de polen, ya sea de manera autógena o con ayuda de agentes polinizadores. En el caso de la uchuva, la propagación se realiza principalmente a través de semillas, debido a que es la vía más eficiente, económica y práctica para establecer nuevas plantaciones; además, este mecanismo de propagación favorece la generación de variabilidad genética, aspecto fundamental para la adaptación del cultivo a diferentes condiciones agroecológicas (Quiroz, 2022).

El éxito en el cultivo de *Physalis peruviana* L. está estrechamente relacionado con la calidad de las semillas utilizadas. La producción de semillas comprende fases esenciales como la selección del fruto adecuado, extracción, fermentación, secado y almacenamiento óptimo; cada una de estas fases repercute en la viabilidad y vigor de la semilla, interactuando directamente en los índices de germinación y la uniformidad de las plantas resultantes (Cubillos & Rodríguez, 2024).

2.7 Madurez fisiológica de la semilla

La madurez fisiológica se alcanza cuando la semilla presenta su máximo contenido de materia seca y un contenido de humedad baja, esto se relaciona con la acumulación de reservas necesarias en forma de carbohidratos, proteínas y otros compuestos para el correcto desarrollo del embrión (Criollo & Upegui, 2005). Estudios realizados en *Physalis peruviana* L. indican que la calidad fisiológica de la semilla está directamente relacionada con la madurez del fruto y la semilla, Souza et al. (2016) mencionaron que las semillas maduras de *Physalis peruviana* suelen presentar un color amarillento y firme.

El grado de madurez de la semilla es considerado uno de los factores que influye directamente en la calidad de la semilla. La madurez fisiológica a veces llega a coincidir con la máxima germinación en algunas especies, sin embargo, no sucede en todas.

2.8 Calidad de la semilla

Las semillas con alta calidad son aquellas que presentan un alto grado de pureza genética, alto desempeño fisiológico y buena calidad física, alto vigor y viabilidad, además de una buena apariencia y estructura (Bewley et al., 2012), características que determinarán su desempeño, tanto en almacenamiento como en la siembra. Como se mencionó anteriormente, la calidad de la semilla es un concepto que involucra aspectos físicos, genéticos, sanitarios y fisiológicos.

La calidad de la semilla es de suma importancia para garantizar el éxito de los cultivos, las semillas de buena calidad mejoran la productividad agrícola al garantizar que muchas semillas sanas se conviertan en plantas sanas, lo que reduce la necesidad de replantar.

2.8.1 Calidad física

Las semillas de alta calidad permiten determinar el éxito de la producción de cultivos ya que aseguran la pureza física de la semilla, permiten obtener plantas con buenas características y un crecimiento uniforme, asimismo favorecen al

desarrollo de plántulas vigorosas con mayor capacidad de resistencia a plagas y enfermedades (Singh, 2011).

La calidad física en las semillas se refiere a las características físicas externas que determinan su apariencia, uniformidad e integridad, se incluyen propiedades como la pureza, el tamaño, la forma, el peso, el contenido de humedad y la ausencia de daños mecánicos e impurezas (ISTA, 2024).

2.8.2 Calidad genética

La calidad genética constituye uno de los pilares fundamentales en la producción agrícola, puesto a que se relaciona con la capacidad de la semilla para mantener las características genéticas originales de la variedad; es decir, que las plantas que germinen pertenezcan a la misma variedad, sin mezclarse con otras variedades, preservando la pureza varietal del material (Copeland & McDonald, 2012).

La pureza varietal es un factor básico dentro de la calidad genética, garantiza la obtención de poblaciones homogéneas en un lote, sin mezclarse con otros genotipos; el objetivo principal es preservar y mantener las características de la variedad a lo largo de las generaciones, así como la resistencia a factores bióticos y abióticos (Díaz-Martínez & Pérez-Blanco, 2024).

2.8.3 Calidad sanitaria

La calidad sanitaria se refiere al estado fitosanitario que presenta la semilla, es decir que no exista la presencia de microorganismos patógenos tales como hongos, bacterias, virus y plagas; la sanidad de las semillas es el parámetro de calidad más importante, puesto que, si hay presencia de patógenos en ella, provocan el desarrollo progresivo de enfermedades en campo y reducen el potencial de la semilla en campo (Sharma et al., 2015).

2.8.4 Calidad fisiológica de la semilla

La calidad fisiológica de la semilla es la capacidad que tiene para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas (de Freitas et al., 2024). La

calidad fisiológica de la semilla comprende dos atributos que determinan el potencial de la semilla al ser establecida en campo: la germinación y el vigor; al evaluar estos parámetros se garantiza una población óptima, sin embargo, toda semilla cambia de acuerdo con su estado fisiológico y al momento de ser sembrada se expresan de manera diferente (Rajendra, 2023).

Puesto a que las condiciones de campo en ocasiones llegan a ser desfavorables para la germinación, resulta conveniente evaluar el vigor de la semilla mediante pruebas estandarizadas y confiables, que permitan estimar su capacidad de desempeño fisiológico (Weissmann et al., 2023).

2.8.4.1 Viabilidad

Comprende el periodo de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar y producir una plántula normal, en condiciones favorables de agua, temperatura, luz y oxígeno (Copeland & McDonald, 2012). Aquellas semillas que muestran anormalidades o deficiencias dan lugar a plántulas anormales y por ende son caracterizadas como semillas no viables (Doria, 2010).

2.8.4.2 Germinación

Una prueba de germinación se considera el método definitivo para monitorear la viabilidad en la semilla. El proceso de germinación comienza y progresa cuando las semillas absorben agua a un ritmo deseable. La germinación podría definirse en términos fisiológicos como la activación metabólica de la semilla que da inicio con la hidratación y culmina con la protrusión de la radícula a través de la cubierta de la semilla (Copeland & McDonald, 2012).

Rajendra (2023) mencionó que la germinación es el reinicio del crecimiento del embrión: el proceso de germinación da inicio cuando comienza la absorción de agua mediante la imbibición; se produce un hinchamiento y ruptura final de la testa; seguida de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio; translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en

crecimiento del embrión, conduciendo a la presencia de la radícula y originando una plántula.

2.8.4.3 Vigor

El vigor es uno de los factores determinantes en el establecimiento de cultivos y, por ende, en el éxito productivo; se define como la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan la actividad y rendimiento de la semilla, con una germinación aceptable en diferentes condiciones ambientales (ISTA, 2015). Durante la germinación y emergencia de la plántula, el vigor es un indicativo que determina la velocidad germinativa de las semillas, aquellas semillas que germinan más rápido darán origen a plantas más vigorosas y productivas (Bewley et al., 2012).

El vigor de la semilla describe el rendimiento potencial de las semillas viables en un contexto agrícola; es decir, el uso de semillas de alto vigor favorece una mejor respuesta ante condiciones ambientales desfavorables, debido a que poseen una mayor tolerancia al estrés y mantienen su desempeño fisiológico; frente a variaciones del ambiente, una mayor velocidad de germinación y desarrollo de plántulas normales es fundamental para un buen establecimiento en campo (Reed et al., 2022), a medida que pasa el tiempo las semillas se van deteriorando y pierden considerablemente su vigor, siendo más susceptibles al estrés que se provoca durante la germinación

2.9 Deterioro en las semillas

El deterioro de las semillas está relacionado principalmente con su edad, contenido de humedad y condiciones de almacenamiento, genera daños irreversibles en su estructura y metabolismo, se asocia principalmente con la reducción de carbohidratos y otros compuestos de reserva, fenómeno que ocurre conforme la semilla va envejeciendo. Este proceso se acompaña de reacciones fisiológicas y bioquímicas como el daño oxidativo de las membranas, la reducción de azúcares y proteínas, la alteración de genes implicados en el metabolismo y la degradación de ácidos nucleicos (Han et al., 2022).

El deterioro en las semillas es un proceso inevitable que progresa conforme avanza el tiempo, en las primeras etapas de almacenamiento se mantiene la germinación, sin embargo, conforme el envejecimiento avanza, esta disminuye considerablemente (Doria, 2010). El envejecimiento es un factor que causa la disminución del vigor, siendo un fenómeno irreversible que se presenta en las semillas que alcanzan su máxima madurez fisiológica (De Melo et al., 2020).

2.9.1 Factores que provocan deterioro

La conservación de la calidad de las semillas depende en gran medida de las condiciones en que se encuentran, sin embargo, la presencia tanto de factores externos como internos aceleran su deterioro; entre los factores externos se incluyen las condiciones de almacenamiento, la temperatura, la humedad relativa (HR), la composición de gases ambientales y factores de estrés biótico, incluidos los roedores, insectos y hongos patógenos; así mismo, entre los factores internos destacan la testa (cubierta seminal), la composición química, el estado fisiológico y las reacciones bioquímicas intracelulares (Xing et al., 2025).

2.10 Almacenamiento de semillas

El deterioro de las semillas es muy frecuente cuando las condiciones de almacenamiento no son las adecuadas, el propósito fundamental del almacenamiento es mantener las semillas viables, en buena condición física y fisiológica, desde el momento de la cosecha hasta la próxima siembra, garantizando así una buena germinación y posterior emergencia (Doria, 2010).

El almacenamiento de la semilla dependerá en gran medida de su tolerancia a la desecación, un rasgo adquirido en las etapas finales de la embriogénesis; debido a esta característica, las semillas son clasificadas en ortodoxas y recalcitrantes (Walters & Pence, 2021). Aquellas semillas que no sobreviven a la desecación y presentan dificultades para su almacenamiento son denominadas recalcitrantes, muestran baja germinación debido a las condiciones de hidratación, deshidratación y cambios de temperatura previas a la emergencia de la radícula; las semillas ortodoxas sí toleran la desecación y bajo contenido de humedad, lo

que permite su conservación a largo plazo en bancos de germoplasma (Hay & Probert, 2013).

El contenido de humedad y la temperatura de almacenamiento son dos de los factores que determinan la vida útil de las semillas, ambos influyen directamente en la tasa metabólica de las semillas y, en consecuencia, en la velocidad a la que ocurre su deterioro; cuando las semillas se almacenan en ambientes frescos y con baja humedad su actividad fisiológica disminuye de forma significativa, ralentizando los procesos de envejecimiento y aumentando su vida útil (Corbineau, 2024).

2.10.1 Factores a considerar para mejorar el almacenamiento

Durante el almacenamiento las semillas requieren condiciones adecuadas para mantener su viabilidad y mantener su capacidad germinativa; sin embargo, no siempre es posible garantizar un ambiente óptimo, por tal motivo se deben tener ciertas consideraciones con los siguientes factores que influyen en su calidad.

2.10.1.1 Contenido de humedad en la semilla

El contenido de humedad de las semillas es la cantidad de agua que hay en una semilla; en semillas ortodoxas la vida útil depende en gran medida del contenido de humedad, cuando hay un bajo porcentaje de humedad la actividad respiratoria disminuye y el proceso de envejecimiento se vuelve más lento, permitiendo a la semilla mantener por mayor tiempo su viabilidad (Pérez et al., 2012).

Walters (2015) mencionó que el contenido de agua en las semillas es un factor determinante para su almacenamiento, ya que las semillas presentan un comportamiento higroscópico que les permite intercambiar humedad con el ambiente modificando a la semilla. Por otra parte, se ha reportado que un contenido de humedad en la semilla superior al 14 % provoca un aumento en la frecuencia respiratoria, generando un aumento de la producción de CO₂ al utilizar el O₂ disponible (Oba et al., 2019).

Conocer el contenido de humedad de la semilla favorece su longevidad durante el almacenamiento, pues pequeños cambios en el contenido de humedad permiten predecir su potencial de vida.

2.10.1.2 Humedad relativa

Las semillas son higroscópicas y su contenido de humedad cambia en respuesta a la humedad relativa del aire al que se encuentran expuestas; en consecuencia, la humedad relativa desempeña un papel importante en el mantenimiento del contenido de la humedad de la semilla, afectando directamente la viabilidad de la misma (Suma et al., 2013), además de acelerar la respiración, aumentar la presencia microbiana e infecciones de plagas y acortar la longevidad de la semilla (Choudhary et al., 2023). Con base a esta relación, existe una regla que es usada para almacenar semillas denominada como la regla de James, la cual sugiere que la temperatura en grados Fahrenheit más la humedad relativa del aire en porcentaje deben sumar menos de 100 para obtener un almacenamiento adecuado para las semillas (Bewley et al., 2012).

Copeland y McDonald (2012) señalaron que, para obtener un mayor tiempo de supervivencia de las semillas, la humedad relativa deberá mantenerse entre 5 y 6 %. De acuerdo con Harrington (1972), la longevidad de la semilla se duplica por cada disminución del 1 % en su contenido de humedad o por cada reducción de 5 °C en la temperatura de almacenamiento; es decir, ambientes con alta temperatura y humedad relativa favorecen el desarrollo de microorganismos y el aumento del estrés oxidativo en la semilla.

2.10.1.3 Temperatura

Como se ha mencionado anteriormente la humedad, la temperatura y el contenido de oxígeno son factores que afectan al deterioro de las semillas, la temperatura es un factor crucial a considerar durante el almacenamiento. Las altas temperaturas aceleran las reacciones químicas dentro de las semillas, especialmente en los procesos oxidativos que conduce a la degradación térmica de proteínas, al deterioro más rápido de las sustancias de almacenamiento y al

incremento del envejecimiento, reduciendo en gran medida la longevidad de las semillas (Cai et al., 2025).

Los cambios de temperatura provocan cambios en la humedad relativa del ambiente, aumentando el deterioro de las semillas, ya que temperaturas elevadas inducen alteraciones estructurales en las proteínas, aumento de la permeabilidad de membranas y daños en el ADN, lo que conduce a la pérdida de viabilidad de la semilla. Para disminuir estos problemas es necesario mantener temperaturas de almacenamiento estables y evitar fluctuaciones de humedad. (Yan et al., 2024).

2.10.1.4 Gases O₂ y CO₂

El oxígeno desempeña un papel importante durante el almacenamiento, si hay niveles reducidos de oxígeno se puede prolongar la longevidad de la semilla en almacenamiento siempre que la humedad de la semilla y la temperatura se mantengan en rangos seguros (Cai et al., 2025); por el contrario, un alto contenido de O₂ aceleran el envejecimiento de las semillas disminuyendo la calidad de la misma (Groot et al., 2012), caso contrario con gases como el CO₂ y N₂, que han sido asociados con efectos protectores durante el almacenamiento al limitar la actividad metabólica (Cai et al., 2025).

El efecto de los gases del ambiente de almacenamiento interactúa con factores como la temperatura y el contenido de humedad de la semilla, en condiciones inadecuadas se incrementa la tasa respiratoria y se acelera el consumo de reservas, lo que lleva al deterioro fisiológico. Por esta razón, controlar los factores que intervienen dentro de las condiciones de almacenamiento es fundamental para mantener la viabilidad de las semillas (De Vitis et al., 2020).

2.10.2 Almacenamiento en el banco de germoplasma

El almacenamiento a largo plazo se lleva a cabo en instalaciones especializadas, como los bancos de germoplasma, puesto a que son el método más adecuado para conservar, preservar y compartir la mayor parte de las especies domésticas

y silvestres existentes (en el caso de especies ortodoxas) y de esta manera garantizar la disponibilidad del material genético (Bewley et al., 2012).

Como se abordó en puntos anteriormente, la longevidad de las semillas dependerá de su calidad inicial, del contenido de humedad y de la temperatura durante su almacenamiento. Para la conservación a largo plazo en semillas ortodoxas en bancos de germoplasma se recomienda utilizar temperaturas de -20 °C y condiciones de baja humedad para maximizar la longevidad (Corbineau, 2024). Estudios realizados demuestran que niveles bajos de humedad y temperatura ralentizan los procesos fisiológicos y metabólicos que conducen a la pérdida de viabilidad, permitiendo mantener por más tiempo las semillas.

Durante el almacenamiento a largo plazo, la desecación y el frío propician que el citoplasma pase de un estado líquido a uno sólido amorfo (estado vítreo), es una fase de deshidratación que protege la semilla al reducir la movilidad molecular (Buitink & Leprince, 2008).

2.10.3 Almacenamiento en temperatura ambiente

El almacenamiento a temperatura ambiente se refiere a la conservación de semillas bajo condiciones no controladas de temperatura y humedad. En la mayoría de los casos este tipo de almacenamiento se utiliza a corto plazo y se usa para mantener la máxima viabilidad de una población de semillas obtenida en una temporada de cultivo hasta la próxima temporada (FAO, 2014).

La literatura señala que temperaturas y humedades relativas no controladas aceleran la pérdida de viabilidad de las semillas, debido al incremento en los procesos de deterioro fisiológico (Harrington, 1972). Trusiak et al. (2022) mencionaron que para almacenar semillas a temperatura ambiente se recomienda una humedad relativa del 20-25 %, con este rango se puede mantener un contenido de humedad bajo en las semillas y mantener su viabilidad, aunque depende de la especie y de las condiciones de almacenamiento.

2.11 Latencia o dormancia

En plantas silvestres, la latencia funciona como un mecanismo adaptivo que regula el momento de la germinación, evitando que las plántulas emerjan en condiciones desfavorables. Se presenta cuando una semilla viable permanece en un estado de suspensión temporal y no germina, incluso aunque tenga las condiciones adecuadas de humedad, temperatura y concentración de oxígeno, debido a que la dormancia responde a señales fisiológicas y ambientales que garantizan la germinación (Finch-Savage & Footitt, 2017).

La latencia en las semillas se encuentra presente mientras la relación entre ácido abscísico (ABA) y giberelinas (AG) sea alta. Condiciones ambientales como luz, humedad, temperatura y edad de la semilla reducen los niveles de ABA, lo que favorece a la biosíntesis de AG. Entonces, la ruptura de la latencia ocurre cuando se obtiene un balance hormonal con bajo contenido de ABA y AG (Larson et al., 2023).

Baskin y Baskin (2004) realizaron una clasificación basada en mecanismos biológicos y condiciones ambientales, describiendo cinco categorías: la latencia fisiológica, que está presente en semillas que necesitan condiciones ambientales como temperatura, luz o alguna hormona para germinar; la latencia morfológica, que se caracteriza por la presencia del embrión poco desarrollado y es necesario terminar su crecimiento antes de germinar; la latencia morfofisiológica, que une ambas latencias requiriendo el desarrollo del embrión y señales para dar inicio a la germinación; la latencia física, que se debe a cubiertas impermeables que impiden la imbibición; y la latencia combinada, que se hace presente cuando existen barreras físicas y fisiológicas, haciendo necesario superarlas para permitir la germinación.

Por su parte, Lang et al. (1987) clasificaron la latencia con base en el nivel de regulación fisiológica y la agruparon en tres categorías, descritas de la siguiente manera: eco-inactividad, relacionada con factores ambientales; para-latencia, determinada por factores fisiológicos externos a la estructura afectada; y la endo-

latencia, regulada por factores fisiológicos internos propios de la estructura afectada.

2.11.1 Posibles causas de la latencia

Como se mencionó anteriormente, la latencia puede estar presente por distintos mecanismos estructurales y fisiológicos, entre ellos la inmadurez del embrión, impermeabilidad de las cubiertas seminales al agua y oxígeno, así como la posible presencia de sustancias inhibidoras en tejidos del embrión (Baskin & Baskin, 2004). Estos mecanismos son diferentes al deterioro fisiológico ocasionado por el almacenamiento, que afecta a la germinación, sin embargo, no constituye un estado de latencia.

Según lo reportado por Fu et al. (2024) los principales factores por los que se presenta la latencia en las semillas incluyen: características estructurales de la semilla; cambios en el metabolismo de reservas como almidón, lípidos y proteínas; señalización de hormonas endógenas y regulación génica; ácido abscísico, auxinas, ácido giberélico, citoquininas y etileno. Estos procesos fisiológicos y hormonales pueden verse afectados durante el almacenamiento, disminuyendo la calidad fisiológica de la semilla.

2.11.2 Mecanismos para romper latencia

Existen diversas condiciones ambientales y factores fisiológicos internos que influyen en la regulación de la latencia de las semillas, entre estos, las fitohormonas desempeñan un papel importante, al ser compuestos orgánicos que regulan procesos fisiológicos y que son sintetizados en pequeñas cantidades por las plantas.

En el caso de las semillas con latencia, en la ruptura de ésta participan el ácido abscísico (ABA) que mantiene la dormancia y las giberelinas (AG_3) que promueven la germinación y permiten el crecimiento del embrión. Por ello, el balance entre ABA y AG_3 es el principal mecanismo hormonal que regula la transición de la latencia (Pradana et al., 2022).

El ácido giberélico promueve la protrusión de la radícula, acelerando la germinación de las semillas, además de ser una de las hormonas que regulan la latencia al contrarrestar los efectos inhibitorios del ABA; asimismo, puede promover la activación de enzimas, expansión celular y la movilización de reservas almacenadas (Larson et al., 2023). Su aplicación se realiza mediante la inmersión en una solución de este regulador de crecimiento, aunque no se recomienda utilizar cantidades excesivas ya que concentraciones altas pueden presentar respuestas fisiológicas no deseadas y causar anomalías en las plántulas (Bewley et al., 2012).

2.12 Latencia en uchuva

La germinación de las semillas de uchuva depende de las condiciones ambientales y genéticas, aspectos que deben considerarse para elegir un método para romper la latencia en las semillas. Estudios revelan que, en comparación con otras plantas silvestres, la uchuva presenta baja latencia, que puede ser interrumpida por variaciones de temperatura. No obstante, cuando las condiciones térmicas se alejan del intervalo óptimo aumentan el nivel de estrés, causan alteraciones en la semilla y afectan la germinación. Además, la germinación puede variar entre diferentes variedades de *Physalis peruviana* L. y por las condiciones del entorno del cultivo (Bispo, 2018).

Otra alternativa para romper la latencia en las semillas de uchuva es el almacenamiento en seco, el cual consiste en conservar las semillas con un bajo contenido de agua en la semilla y un ambiente con humedad relativa controlada. En semillas de *Physalis peruviana* colectadas después de la cosecha se ha observado que la germinación puede ser inferior al 50 % y se incrementa hasta un 80 % después de seis meses de almacenamiento (Bispo, 2018). Este comportamiento se explica debido a que la latencia es principalmente fisiológica y está regulada por el equilibrio entre ácido abscísico (ABA) y las giberelinas (AG_3); durante el almacenamiento en seco, la disminución progresiva de ABA facilita la ruptura de la latencia (Pradana et al., 2022).

Literatura citada

- Alfonso, D. R., Torres, S. R. V., & Sánchez, A. M. C. (2012). Aprovechamiento del fruto rajado de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la elaboración de mermeladas. *Revista de Investigación Desarrollo e Innovación*, 3(1), 18-24.
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2012). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3rd ed.). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-4693-4>
- Bispo, N. (2018). Germination eco-physiology and emergence of *Physalis peruviana* seedlings. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 8, 352-359. <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2018.06.002>
- Buitink, J., & Leprince, O. (2008). Intracellular glasses and seed survival in the dry state. *Comptes Rendus Biologies*, 331(10), 788-795. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.08.002>
- Cai, H., Shao, J., & Shen, Y. (2025). Seed storability in forest trees: Research progress and future perspectives. *Forests*, 16(3), Article 467. <https://doi.org/10.3390/f16030467>
- Cardona, C. A. P. & Higuera, Y. T. (2025). Analysis of the cape gooseberry value chain towards the European market. *Edu-Tech Enterprise*, 3, 1-39. <https://doi.org/10.71459/edutech202539>
- Choudhary, P., Pramitha, L., Aggarwal, P. R., Rana, S., Vetriventhan, M., & Muthamilarasan, M. (2023). Biotechnological interventions for improving the seed longevity in cereal crops: progress and prospects. *Critical*

Reviews in Biotechnology, 43(2), 309-325.
<https://doi.org/10.1080/07388551.2022.2027863>

Copeland, L. O., & McDonald, M. F. (2012). *Principles of seed science and technology* (4.^a ed.). Springer Science+Business Media.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1619-4>

Corbineau, F. (2024). The effects of storage conditions on seed deterioration and ageing: How to improve seed longevity. *Seeds*, 3(1), 56-75.
<https://doi.org/10.3390/seeds3010005>

Criollo, H., & Upegui, P. A. (2005). Determinación de la madurez fisiológica de semillas de uvilla (*Physalis peruviana* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 22(1 y 2). <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/509>

Cubillos Jimenez, M. Á., & Rodriguez Quintana, C. A. (2024). Biotecnología aplicada al mejoramiento de la *Physalis peruviana* L. (variedad dorada) mediante la irradiación de rayos gamma emitidos por el radioisótopo cobalto-60. Tesis de Licenciatura de Química, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <hdl.handle.net/11349/41703>

De Freitas, E. M., Gomes, C. N., da Silva, L. J., & da Cunha, F. F. (2024). Germination performance of *Physalis peruviana* L. seeds under thermal and water stress conditions. *Agronomy*, 14(6), Article 1213.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14061213>

De Melo, S. M. B., Alves-de-Oliveira, D. F., Souza, N. C., Tavares-Silva, W. K., De Macedo, C. E. C., & Voigt, EL. (2020). Oxidative status of *Moringa oleifera* Lam. seeds during storage. *South African Journal of Botany*, 129, 429-434.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.11.002>

De Vitis, M., Hay, F. R., Dickie, J. B., Trivedi, C., Choi, J., & Fiegner, R. (2020). Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. *Restoration Ecology*, 28, S249-S255. <https://doi.org/10.1111/rec.13174>

- Díaz-Martínez, L. A., & Pérez-Blanco, E. A. (2024). Efecto de dos sistemas de acondicionamiento y almacenamiento en la calidad fitosanitaria y genética de semilla común de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) *Petroglifos Revista Crítica Transdisciplinar*, 7(2): Article e070202. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14029459>
- Doria, Jessica. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 74-85. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/125>
- El-Beltagi, H.S., H.I. Mohamed, G. Safwat, M. Gamal y B.M.H. Megahed. (2019). Chemical composition and biological activity of *Physalis peruviana* L. *Gesunde Pflanzen*, 71(2), 113-122. <https://doi.org/10.1007/s10343-019-00456-8>
- Espinosa-Rodríguez, M., Sandoval-Villa, M., García-Cruz, E., Antúnez-Ocampo, O., Pérez-Pacheco, R., & Sabino-López, J.E. (2021). El mercado de la uchuva en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1789-1802. <http://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2228>.
- Finch-Savage, W. E., & Footitt, S. (2017). Seed dormancy cycling and the regulation of dormancy mechanisms to time germination in variable field environments. *Journal of Experimental Botany*, 68(4), 843-856. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw477>
- Fischer, G., & Melgarejo, L. M. (2014). Ecofisiología de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) In C. C. P. Pássaro & D. A. Moreno (Eds.) *Physalis peruviana* L.: *Fruta andina para el mundo* (Capítulo II: Agronomía) (pp. 29-47). CYTED.
- Fischer, G., & Melgarejo, L. M. (2020). The ecophysiology of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) an Andean fruit crop. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 14(1), 76-89. <https://doi.org/10.17584/rcch.2020v14i1.10893>

- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 1-15. <http://doi.org/10.1590/0100-2945-441/13>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014). *Genebank standards for plant genetic resources for food and agriculture*. <https://www.fao.org/4/i3704e/i3704e.pdf>
- Fu, Y., Ma, L., Li, J., Hou, D., Zeng, B., Zhang, L., & Luo, L. (2024). Factors influencing seed dormancy and germination and advances in seed priming technology. *Plants*, 13(10), Article 1319. <https://doi.org/10.3390/plants13101319>
- Groot, S. P. C., Surki, A. A., De Vos, R. C. H., & Kodde, J. (2012). Seed storage at elevated partial pressure of oxygen, a fast method for analyzing seed ageing under dry conditions. *Annals of Botany*, 110(6), 1149-1159. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs198>
- Han, P., Li, Y., Liu, Z., Zhou, W., Yang, F., Wang, J., & Lin, J. (2022). The physiology of plant seed aging: a review. *Sheng wu Gong Cheng Xue Bao = Chinese Journal of Biotechnology*, 38(1), 77-88. <https://doi.org/10.13345/j.cjb.210128>
- Harrington, J. F. (1972). Seed storage and longevity. In T. T. Kozlowski (Ed.), *Seed biology, insects, and seed collection, storage, testing and certification* (pp. 145-245). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-395605-7.50009-0>
- Hay, F. R., & Probert, R. J. (2013). Advances in seed conservation of wild plant species: a review of recent research. *Conservation Physiology*, 1(1), Article cot030. <https://doi.org/10.1093/conphys/cot030>

International Seed Testing Association. (2015).
<https://www.seedtest.org/en/publications/internationalrulesseedtesting.html>
|

International Seed Testing Association. (2016). *Reglas internacionales para análisis de semillas* (Cap. 5). ISTA.

International Seed Testing Association. (2024). Reglas internacionales para análisis de semillas.
<https://www.seedtest.org/en/publications/international-rules-seed-testing.html>.

Lang, G. A., Early, J. D., Martin, G. C., & Darnell, R. L. (1987). Endo, para, and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. *HortScience*, 22(3), 371-377.

Larson, A. J., Cartwright, M. M., Jones, W. D., Luce, K., Chen, M. Y., Petersen, K., & Madsen, M. D. (2023). Slow release of GA₃ hormone from polymer coating overcomes seed dormancy and improves germination. *Plants*, 12(24), Article 4139. <https://doi.org/10.3390/plants12244139>

Miranda, D. & Fischer G. (2021). Avances tecnológicos en el cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. In G. Fischer, D. Miranda, S. Magnitskiy, H. E. Balaguera-López & Z. Molano (Eds.), *Avances en el cultivo de las berries en el trópico* (pp. 14-36). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. <https://doi.org/10.17584/IBerries>

Muñoz, P., Parra, F., Simirgiotis, M. J., Sepulveda Chavera, G. F., & Parra, C. (2021). Chemical characterization, nutritional and bioactive properties of *Physalis peruviana* fruit from high áreas of the Atacama Desert. *Foods*, 10(11), Article 2699. <https://doi.org/10.3390/foods10112699>

Núñez Zarantes, V. M., Sánchez-Betancourt, E. P., Mayorga Cubillos, F. G., Gómez Gil, L. F., & Navas Arboleda, A. A. (2016). *Corpoica Andina:*

variedad de uchuva para Boyacá, Cundinamarca Antioquia y Nariño.
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

- Oba, G. C., Goneli, A. L. D., Masetto, T. E., Hartmann Filho, C. P., Michels, K. L. L. S., & Ávila, J. P. C. (2019). Artificial drying of safflower seeds at different air temperatures: effect on the physiological potential of freshly harvested and stored seeds. *Journal of Seed Science*, 41(4), 397-406.
- Orozco-Balbuena, D. I., M. Sandoval-Villa, M. N. Rodriguez-Mendoza & O. M. Antúnez-Ocampo. (2021) Phenology of four varieties of goosberry (*Physalis peruviana* L.) in greenhouses and hydroponics for its commercial production in México. *Agro Productividad*, 14(3), 3-9.
<https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1843>
- Peña, J. F., Ayala, J. D., Fischer, G., Chaves, B., Cárdenas-Hernández, J. F., & Almanza, P. J. (2010). Relaciones semilla-fruto en tres ecotipos de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 43-54.
- Pérez Camacho, I., González Hernández, V. A., Ayala Garay, Ó. J., Carillo Salazar, J. A., Santos, G. G. D. L., Peña Lomelí, A., & Cruz Crespo, E. (2012). Calidad fisiológica de semillas de *Physalis ixocarpa* en función de madurez a cosecha y condiciones de almacenamiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 67-78.
- Pradana, A. V., Palupi, E. R., Qadir, A., & Widajati, E. (2022). Mechanism and Dormancy Persistence of Ground Cherry Seeds (*Physalis peruviana* L.) at Different Seed Maturity Stages. *Journal of Tropical Crop Science*, 9(3), 183-192. <https://doi.org/10.29244/jtcs.9.03.183-192>
- Puente, L. A., Pinto-Muñoz, C. A., Castro, E. S. & Cortés, M. (2011). *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research international*, 44(7), 1733-1740.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.034>

- Quiroz-Pinchao, D. A. (2022). Monografía recopilación de los efectos de fertilización orgánica y química sobre la calidad de la fruta de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Tesis de Grado de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD de Colombia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/44910>
- Rajendra, P. S. (2023). Testing seed for quality. In M. Dadlani & D. K. Yadava (Eds.), *Seed science and technology: Biology, production, quality* (pp. 299-334). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_13299
- Reed, R. C., Bradford, K. J., & Khanday, I. (2022). Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*, 128(6), 450-459. <https://doi.org/10.1038/s41437-022-00497-2>
- Sharma, K. K., Singh, U. S., Sharma, P., Kumar, A., & Sharma, L. (2015). Seed treatments for sustainable agriculture-A review. *Journal of Applied and Natural Science*, 7(1), 521-539. <https://doi.org/10.31018/jans.v7i1.641>
- Souza, C. L. D., Souza, M. O. D., Oliveira, R. S., & Pelecani, C. R. (2016). *Physalis peruviana* seed storage. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(3), 263-268.
- Suma, A., Sreenivasan, K., Singh, A. K., & Radhamani, J. (2013). Role of relative humidity in processing and storage of seeds and assessment of variability in storage behaviour in *Brassica* spp. and *Eruca sativa*. *The Scientific World Journal*, 2013, Article 504141. <https://doi.org/10.1155/2013/504141>
- Trusiak, M., Plitta-Michalak, B. P., & Michalak, M. (2022). Choosing the right path for the successful storage of seeds. *Plants*, 12(1), Article 72. <https://doi.org/10.3390/plants12010072>

- Walters, C. (2015). Orthodoxy, recalcitrance and in-between: describing variation in seed storage characteristics using threshold responses to water loss. *Planta*, 242(2), 397-406. <https://doi.org/10.1007/s00425-015-2312-6>
- Walters, C., & Pence, V. C. (2021). The unique role of seed banking and cryobiotechnologies in plant conservation. *Plants People, Planet*, 3(1), 83-91. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10121>
- Wang, W., Jiang, Q., Tan, B., Yang, H., Cao, F., Chen, J., & Zheng, H. (2025). The Physio-Biochemical Changes Induced by Gibberellic Acid Seed Priming in Rice Seeds against Submergence Stress: Consequences for Starch Degradation, Energy Metabolism and Hormonal Metabolism. *Rice*, 18, Article 115. <https://doi.org/10.1186/s12284-025-00870-9>
- Weissmann, E. A, Raja, K., Gupta, A., Patel, M. & Buehler, A. (2023). Seed quality enhancement. In M Dadlani y DK Yadava (Eds.), *Seed science and technology: Biology, production, quality* (pp. 299-334). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_16
- Xing, W., Li, Y., Zhou, L., Hong, H., Luo, S., & Tan, B. (2025). Deciphering seed deterioration: molecular insights and priming strategies for revitalizing aged seeds. *Plants*, 14(11), Article 1730. <https://doi.org/10.3390/plants14111730>
- Yan, Y., Zhu, X., Qi, H., Wang, Y., Zhang, H., & He, J. (2024). Rice seed storability: From molecular mechanisms to agricultural practices. *Plant Science*, 348, Article 112215. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2024.112215>

CAPÍTULO 3. CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE SEIS VARIEDADES DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) BAJO DOS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Resumen

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una fruta exótica cuya producción y demanda ha aumentado en los últimos años. El cultivo se establece por semilla, que presenta latencia y dificultades al momento de su germinación. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del remojo y el almacenamiento sobre la calidad fisiológica de semilla de seis variedades de uchuva a través del tiempo. Las semillas fueron almacenadas durante un año en el Banco de Germoplasma (-20 °C y H.R. 13 %) y en el Laboratorio de Semillas (23.43 °C y H.R. 23 %) de la Universidad Autónoma Chapingo, México. Se realizaron cinco pruebas de calidad fisiológica cada tres meses durante un año, en un diseño de tratamientos factorial completo en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las pruebas se realizaron en una cámara germinadora a 30 °C durante 28 días. En la primera prueba, previo al almacenamiento, se realizó una comparación de remojos con AG₃ (500 ppm), agua y un testigo (sin remojo) en las seis variedades. A partir de la segunda prueba se evaluaron seis variedades, con remojo (AG₃, 500 ppm) y sin remojo, en los dos tipos de almacenamiento a través del tiempo (tres, seis, nueve y doce meses). En la primera evaluación el tratamiento con ácido giberélico (AG₃) promovió un aumento en la germinación y el índice de velocidad de germinación. Después del almacenamiento, el remojo con AG₃ tuvo efectos positivos en la calidad de la semilla, en particular cuando fue almacenada en el banco de germoplasma. La variedad Colombia presentó los valores más altos de germinación y vigor. Tras doce meses de almacenamiento se incrementó la calidad fisiológica de las semillas.

Palabras clave: germinación, vigor, remojo, tiempo de almacenamiento.

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS FROM SIX VARIETIES OF CAPE GOOSEBERRY (*Physalis peruviana* L.) UNDER TWO STORAGE CONDITIONS

Abstract

The cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) is an exotic fruit whose production and demand have increased in recent years. The crop is established from seed, which exhibits dormancy and difficulties during germination. The objective of this study was to evaluate the effect of soaking and storage on the physiological quality of seeds from six varieties of cape gooseberry over time. The seeds were stored for one year at the Germplasm Bank (-20 °C and 13 % relative humidity) and in the Seed Laboratory (23.43 °C and 23 % relative humidity) at the Autonomous University of Chapingo, Mexico. Five physiological quality tests were conducted every three months over the course of a year, using a completely randomized block design with a full factorial treatment layout and four replicates. The tests were conducted in a germination chamber at 30 °C for 28 days. In the first test, prior to storage, a comparison of soaking treatments with AG₃ (500 ppm), water, and a control (no soaking) was conducted on the six varieties. Starting with the second trial, six varieties were evaluated both with soaking (AG₃, 500 ppm) and without soaking under the two storage conditions over time (three, six, nine, and twelve months). In the first evaluation, treatment with gibberellic acid (GA₃) resulted in increased germination and germination rate index. After storage, soaking with AG₃ had positive effects on seed quality, particularly when stored in the germplasm bank. The variety Colombia variety exhibited the highest germination and vigor values. After twelve months of storage, the physiological quality of the seeds increased.

Keywords: germination; vigor; soaking; storage time

3.1 Introducción

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una frutilla nativa de Sudamérica, principalmente de Perú donde crece de manera silvestre. Hoy en día las frutas tropicales frescas tienen importancia en el mercado, tal es el caso de la uchuva, debido a sus propiedades nutricionales, alto contenido vitamínico, color, textura y sabor (Cardona & Higuera, 2025). Actualmente, Colombia es el principal país productor y exportador de esta fruta, con 20430 toneladas para el año 2022 (Agronet, 2023). En México la producción aún es limitada y se desarrolla principalmente a nivel experimental. No obstante, existe interés en su cultivo ya que es una alternativa para la diversificación agrícola, por su potencial económico y valor nutricional (Espinosa-Rodríguez et al., 2021).

El incremento en la producción de uchuva en México requiere el uso de semillas de buena calidad, ya que el establecimiento del cultivo depende en gran medida de la propagación por semilla. Sin embargo, estas pueden presentar latencia después de la maduración, lo que ocasiona una germinación lenta o poco uniforme y en consecuencia dificultar el establecimiento del cultivo (Pradana et al., 2022). A pesar de esto, la semilla es el principal método de propagación, ya que puede alcanzar buenos porcentajes de germinación y en comparación con plantas propagas por estacas permite un mejor anclaje y mayor longevidad del cultivo (Fischer et al., 2014). Con base en esto, es importante evaluar la calidad fisiológica de la semilla y buscar alternativas que permitan romper la latencia, con el fin de mejorar la germinación y el establecimiento del cultivo, lo que contribuye a mejorar su rendimiento. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del remojo y el almacenamiento sobre la calidad fisiológica de semilla de seis variedades de uchuva a través del tiempo.

3.2 Materiales y métodos

Localización del experimento

La presente investigación se llevó a cabo de julio de 2024 a julio de 2025 en el Laboratorio de Análisis de Semillas y en el Banco de Germoplasma del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), localizada en las coordenadas geográficas 19° 30' LN y 98° 59' LW, a una altitud de 2250 m. s. n. m.

Material vegetal (variedades evaluadas)

Se utilizaron semillas de seis variedades de uchuva producidas durante el ciclo primavera-otoño 2023 en el campo Agrícola Experimental del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), de las cuales dos son de origen ecuatoriano ('Sacha' y 'Modificada'), una de Perú ('Chiclayo'), una del estado de Guerrero ('CAEGRO'), una de Venezuela ('Fitos') y otra de Colombia ('Colombia').

La cosecha de frutos se realizó cuando éstos estaban maduros fisiológicamente, etapa en la que el fruto adquiere una coloración intermedia de amarillo con tonos naranjas, acompañado de un cáliz verde amarillento, hasta llegar a un estado completamente maduro, caracterizado por un color 100 % naranja en el fruto y un cáliz amarillo uniforme (Fischer et al., 2011). La semilla se secó al sol en bastidores y se eliminaron impurezas, al término del secado la semilla fue almacenada dentro de bolsitas de "glassine" en dos tipos de ambientes.

Factores y niveles de estudio

Se realizaron cinco pruebas de calidad fisiológica cada tres meses durante un año. En la primera prueba, realizada en julio 2024 previo al almacenamiento, se hizo una comparación de remojos con AG₃ (500 ppm), agua y un testigo (sin remojo) en las seis variedades, con el propósito de determinar el tratamiento más adecuado para la germinación. A partir de la segunda prueba, en octubre de 2024, se evaluaron cuatro factores, los cuales se describen a continuación.

Factor ambiente (condiciones de almacenamiento), con dos niveles. 1) Condiciones ambientales en el Laboratorio de Semillas del Departamento de Fitotecnia, en la Universidad Autónoma Chapingo, con una temperatura promedio de 23.43 ± 0.006 ; temperatura de punto de rocío 1.46 ± 0.56 °C. Se almacenaron 48 bolsitas de “glassine” por cada variedad y se colocaron en una bolsa tipo “ziploc” de plástico tipo aluminizada de 30 x 22 cm. Cada bolsita tenía 50 semillas. 2) Banco Nacional de Germoplasma Vegetal del Departamento de Fitotecnia, en la Universidad Autónoma Chapingo, con una temperatura promedio de -20 °C y 13 % de humedad relativa. Se almacenaron 48 bolsitas por cada variedad y se colocaron en una bolsa cuadrada de plástico con silicagel (3 x 3 cm), las semillas se almacenaron durante un año.

Factor variedad, con seis niveles. Se estudiaron las variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.): ‘Colombia’, ‘Sacha’, ‘Fitos’, ‘Csaegro’, ‘Chiclayo’ y ‘Modificada’, producidas durante el ciclo primavera-otoño 2023, las cuales fueron proporcionadas por el M.C. Jesus Francisco Flores.

Factor remojo de la semilla, con tres niveles. El remojo se hizo previo a la siembra. Con base en los resultados obtenidos en la primera prueba, a partir de la segunda evaluación y hasta la quinta se estableció el uso de ácido giberélico como tratamiento pre germinativo para todas las variedades.

Factor tiempo de almacenamiento, con cuatro niveles. Las pruebas de calidad fisiológica de la semilla se realizaron cada tres meses, durante un periodo de un año. La segunda evaluación se realizó en octubre de 2024. Las evaluaciones posteriores se realizaron en enero, abril y julio de 2025.

Diseño y unidad experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Para la primera evaluación se hizo un diseño de tratamientos factorial completo con tres niveles del factor remojo y seis niveles del factor variedad (18 tratamientos). A partir de la segunda evaluación el diseño de

tratamientos fue factorial completo 2 (ambientes) x 6 (variedades) x 4 (tiempo de almacenamiento) x 2 (remojo).

Calidad fisiológica de semillas prueba de germinación y vigor

Para determinar la calidad fisiológica de la semilla, las pruebas de germinación y vigor se realizaron mediante las reglas establecidas por la ISTA (2016). Cada unidad experimental consistió en una caja Petri plástica de 95 x 10 mm de profundidad con 50 semillas uniformes distribuidas sobre el papel filtro humedecido con 5 ml de agua al inicio, posteriormente se agregaron 2 ml por día para mantener la humedad durante toda la prueba. Las unidades experimentales se colocaron en una cámara germinadora Seedburo D-7140 (Seedburo Equipment company, USA) a 30 ± 1 °C y 85 % de humedad relativa, por 28 días según las normas del ISTA (2016). Las cajas se mantuvieron iluminadas las 24 h, durante los 28 días que duró la prueba; para la prueba de vigor se realizaron conteos cada 48 h de semillas germinadas y al finalizar la prueba se realizaron conteos del número de plántulas normales.

Variables respuesta

Semillas germinadas (SG). Se hizo un conteo del número de semillas con emisión de radícula cada siete días y se sumó el total a los 28 días.

Índice de velocidad de germinación (IVG). A partir del tercer día de establecida la prueba, se realizaron conteos de semillas germinadas cada 48 horas. El IVG se calculó mediante la fórmula propuesta de Maguire (1962): $IVG = \sum_{i=1}^n \frac{X_i - X_{i-1}}{ni}$, donde IVG: Índice de velocidad de germinación; n: Número de conteos; X_i : Número de semillas germinadas en el i-ésimo conteo; X_{i-1} : Numero de semillas en conteo i-1; n_i : Número de días transcurridos desde la siembra hasta el i-ésimo conteo.

Plántulas normales (PN). Se contaron aquellas plantas que mostraron todas sus estructuras esenciales al final de la prueba.

Plántulas anormales (PAN). Se contaron las plántulas que no presentaban sus estructuras esenciales o presentaban anomalías al final de la prueba.

Longitud de la raíz (LR), de la parte aérea (LA) y total de plántula (LTP). A los 28 días se tomó una muestra de diez plántulas por unidad experimental. A cada plántula se le midió, en cm, la longitud del cuello al extremo de la raíz, del cuello al ápice, y la longitud total de la plántula.

Peso fresco de la raíz (PFR), de la parte aérea (PFA) y total de plántula (PFT). Después de medir las plántulas se reunieron por separado las diez raíces y las diez partes aéreas. Se determinó su peso fresco en una balanza analítica (Radwag precisión ± 0.001 g) y se calculó el peso promedio. El peso total de plántula se obtuvo mediante la suma de los dos pesos anteriores.

Peso seco de la raíz (PSR), de la parte aérea (PSA) y total de plántula (PST). Tras obtener el peso fresco, las muestras fueron secadas hasta peso constante durante 4 h a 50 °C en una estufa (Wisconsin Oven-Memmert). Posteriormente se pesaron en una balanza analítica (Radwag precisión ± 0.001 g) y se calculó el peso promedio. El peso total de plántula resultó de la suma de los dos pesos descritos.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial, para los datos de cada una de las variables evaluadas; posteriormente se realizaron comparaciones de medias de Tukey ($P = 0.05$) para las variables en las que hubo significancia. El análisis se hizo mediante el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0.

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Análisis de varianza de la calidad fisiológica de semilla (primera prueba)

Los resultados del análisis de varianza para el factor variedad (Cuadros 3.1 y 3.2) mostraron efectos altamente significativos ($P \leq 0.01$) sobre las variables plántulas normales (PN) y plántulas anormales (PAN), mientras que para longitud de la raíz (LR), longitud aérea (LA), longitud total de plántulas (LTP) y peso seco de la raíz (PSR) el efecto fue significativo ($P \leq 0.05$). Los efectos significativos del factor variedad observados en las variables PN, PAN, LR, LA, LTP y PSR coinciden con lo mencionado por Bewley et al. (2012), quienes señalaron que la variabilidad genética entre genotipos se ve reflejada en diferencias en la calidad fisiológica de la semilla, ya que estas diferencias podrían estar asociadas con la cantidad y eficiencia de las reservas almacenadas en la semilla, lo que se refleja en el vigor y crecimiento de las plántulas.

Cuadro 3.1. Cuadros medios del análisis de varianza de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con tratamientos pregerminativos sin condiciones de almacenamiento.

FV	GL	SG	PN	PAN	IVG	LR	LA	LTP
Bloque	3	123.13 **	40.80 **	40.80 **	51.86 *	0.0171	0.1525	0.1343
Variedad	5	46.10	107.76 **	107.76 **	24.37	0.0366 *	0.2994 *	0.3991 *
Remojo	2	242.17 **	199.60 **	199.60 **	167.12 **	0.0202	0.3764 *	0.2457
V x R	10	47.77 *	115.91	115.91	49.17 **	0.0075	0.1010	0.0570
Error	51	21.80	28.37	28.37	15.00	0.0104	0.0665	0.1124
Total	71							
CV (%)		12.48	201.86	201.86	46.78	20.92	21.02	19.08

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; SG: semillas germinadas; PAN: plántulas anormales; IVG: índice de velocidad de germinación; LR: longitud de la raíz; LA: longitud de la parte aérea; LTP: longitud total de plántula; VxR: variedad por remojo; CV: coeficiente de variación.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

Para el factor remojo los resultados del análisis de varianza revelaron efectos altamente significativos en las variables SG, PN, PAN e IVG. Así mismo, se mostraron efectos significativos para las variables LA y PSR (Cuadros 3.1 y 3.2). Estos resultados indicaron que la hidratación previa de la semilla favorece la activación metabólica, lo cual se observa como una germinación más

homogénea. Esta respuesta es interpretada como una mejor expresión de vigor fisiológico, debido a que el vigor no solo se manifiesta en la capacidad de germinar, sino también en la rapidez, uniformidad y producción de plántulas normales (Bewley et al., 2012). Un comportamiento similar fue observado por Cruzado et al. (2025), quienes reportaron que la aplicación de ácido giberélico a una concentración de 500 ppm en semillas de *Physalis peruviana* L. obtuvieron un mayor porcentaje de germinación respecto al testigo, señalando que los tratamientos pre germinativos, tanto hormonales como de hidratación, influyen favorablemente en la emergencia y contribuyen a romper latencia y garantizar una germinación uniforme.

La interacción variedad por remojo fue altamente significativa en el IVG y significativa en SG (Cuadros 3.1 y 3.2), lo que indicó que la repuesta al remojo estuvo condicionada por la variedad, con un comportamiento diferente entre variedades bajo las condiciones de remojo. Peña-Lomelí et al. (2014) encontraron interacción entre genotipo ambiente para variables asociadas al rendimiento en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.), entonces la respuesta de las semillas a los tratamientos pregerminativos también puede variar entre variedades; esto sugiere que el efecto del remojo no es igual para todos los genotipos y es conveniente evaluar los tratamientos de remojo en cada variedad.

Cuadro 3.2. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con tratamientos pregerminativos sin condiciones de almacenamiento.

FV	GL	PFR	PFA	PFT	PSR	PSA	PST
Bloque	3	68.58	523.89	701.23	0.668	7.288	3.542
Variedad	5	72.49	696.33	871.04	1.787 *	1.454	3.607
Remojo	2	17.46	588.52	773.48	2.528 *	9.071	6.672
V x R	6	36.43	83.26	159.25	1.484	2.091	2.719
Error	11	72.67	318.31	508.12	0.105	1.635	1.022
Total	27						
CV (%)		57.63	45.35	41.64	19.68	48.80	23.73

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; PFR: peso fresco de la raíz; PFA: Peso fresco de la parte aérea; PFT: peso fresco total; PSR: peso seco de la raíz; PSA: peso seco de la parte aérea; PST: peso seco total; VxR: variedad por remojo; CV: coeficiente de variación.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

3.3.2 Comparación de medias (primera prueba)

Se encontraron diferencias significativas entre variedades para las variables PN, PAN, LR, LA y LTP (Tukey, $P = 0.05$). Sin embargo, no se presentaron diferencias para SG, IVG, PFR, PFA, PFT, PSR, PSA y PST para este mismo factor (Cuadros 3.3 y 3.4). La variedad 'Colombia' registró el mayor número de plántulas normales (PN) en comparación con las variedades 'Sacha', 'Csaegro' y 'Chiclayo', y por lo tanto tuvo un menor número de PAN. Para longitud de la raíz (LR) 'Colombia' superó a 'Sacha', 'Csaegro' y 'Fitos', mientras que en longitud aérea (LA) y en longitud total de plántula (LTP) 'Colombia' fue mayor que 'Sacha', 'Csaegro', 'Fitos' y 'Chiclayo'. Resultados similares han sido reportados por Meneguzzo et al. (2021) en soya (*Glycine max* L.) donde niveles de alto vigor se expresan en mayores longitudes radicular y parte aérea de plántulas; aunque los porcentajes de germinación no presentaron diferencias entre lotes, esto respalda la idea de que las variables de crecimiento de la plántula reflejan el vigor fisiológico.

Aunque en SG e IVG no se encontraron diferencias, el crecimiento de la plántula es un parámetro para detectar variaciones en el vigor de las semillas. De acuerdo con la International Seed Testing Association (ISTA, 2016), el vigor comprende el conjunto de características que determinan la capacidad de la semilla para producir plántulas normales y con buen desarrollo inicial de las estructuras esenciales (parte aérea y raíz), más allá del porcentaje de germinación. En este sentido, la producción de plántulas normales y la mayor longitud de la plántula pueden interpretarse como indicadores de un mejor desempeño fisiológico durante la germinación, asociado a una adecuada movilización y utilización de las reservas; por otra parte, la presencia de plántulas anormales se asocia con un deterioro previo a la germinación que afecta la estructura interna y la movilización de reservas, es decir la radícula sale pero la plántula no tiene las estructuras esenciales bien desarrolladas (Bewley et al., 2012).

Para el factor remojo la prueba de medias mostró diferencias significativas en las variables SG, PN, PAN, IVG, LR, LA y PSR (Cuadro 3.3). El tratamiento con AG₃ tuvo los valores más altos en dichas variables, a excepción del número de

plántulas anormales. Estos resultados se asocian con procesos fisiológicos que ocurren durante la germinación, debido a que la imbibición representa la fase inicial que permite la reactivación metabólica y la movilización de reservas para la emergencia de la radícula y el desarrollo de plántulas normales y vigorosas (Pompelli et al., 2023). Para semillas sometidas a remojo con ácido giberélico en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), Balaguera et al. (2008) reportaron que obtuvieron un incremento en el porcentaje y velocidad de germinación, así como en el crecimiento radicular y la biomasa, en comparación con semillas no tratadas. En *Physalis peruviana*, Cruzado et al. (2025) también demostraron que el tratamiento con AG₃ incrementó significativamente el porcentaje de germinación. En la presente investigación, además de obtener un mayor IVG en las semillas tratadas con AG₃, considerado uno de los principales indicadores del vigor, este comportamiento se reflejó en las variables de crecimiento como PN, LR, LA, LTP y PSR, lo que demuestra un mejor desempeño fisiológico durante la germinación de las semillas tratadas.

Cuadro 3.3. Pruebas de comparación de medias de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con tratamientos pregerminativos sin condiciones de almacenamiento.

FV	SG	PN	PAN	IVG	LR	LA	LTP
Variedad							
Colombia	36.3 a	7.8 a	35.1 b	9.92 a	0.710 a	1.900 a	2.610 a
Sacha	40.9 a	0.4 b	40.9 a	9.85 a	0.418 b	0.888 b	1.528 b
Csaegro	38.6 a	0.7 b	38.6 a	7.70 a	0.367 b	1.095 b	1.462 b
Fitos	36.3 a	2.1 ab	36.3 ab	8.65 a	0.457 b	1.218 b	1.673 b
Chiclayo	36.4 a	0.3 b	36.4 a	6.72 a	0.577 ab	1.100 b	1.677 b
Modificada	35.9 a	4.5 ab	35.9 ab	6.84 a	0.528 ab	1.373 ab	1.902 ab
DMSH	5.6	6.4	6.4	4.68	0.239	0.593	0.786
Remojo							
AG ₃	41.1 a	6.0 a	44.0 b	11.33 a	0.534 a	1.401 a	1.934 a
Agua	35.5 b	0.8 b	49.3 a	6.78 b	0.372 b	1.120 ab	1.492 a
Testigo	35.7 b	1.2 b	48.8 a	6.74 b	0.466 ab	0.838 b	1.472 a
DMSH	3.3	3.7	3.7	2.70	0.147	0.356	0.482

FV: fuentes de variación; SG: semillas germinadas; PAN: plántulas anormales; IVG: índice de velocidad de germinación; LR: longitud de la raíz; LA: longitud de la parte aérea; LTP: longitud total de plántula; AG: ácido giberélico; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

²Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P = 0.05$)

Cuadro 3.4. Pruebas de comparación de medias de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con tratamientos pregerminativos sin condiciones de almacenamiento.

FV	PFR	PFA	PFT	PSR	PSA	PST
Variedad						
Colombia	23.05 a ^z	57.50 a	80.55 a	1.20 a	5.67 a	6.47 a
Sacha	16.45 a	21.33 a	37.78 a	3.33 a	2.33 a	5.67 a
Csaegro	10.73 a	29.28 a	40.01 a	3.50 a	3.00 a	6.50 a
Fitos	13.61 a	44.34 a	57.94 a	0.77 a	2.77 a	2.63 a
Chiclayo	14.83 a	25.33 a	40.17 a	1.05 a	0.50 a	1.30 a
Modificada	14.78 a	54.34 a	69.12 a	0.90 a	0.50 a	1.40 a
DMSH	19.98	41.81	52.83	2.65	10.46	8.27
Remojo						
AG ₃	15.78 a	43.88 a	59.7 a	1.36 b	3.48 a	4.83 ab
Agua	14.85 a	43.17 a	58.0 a	3.67 a	1.33 a	5.00 a
Testigo	11.36 a	19.32 a	30.7 a	0.05 b	0.50 a	0.30 b
DMSH	12.26	25.66	32.4	1.51	5.94	4.70

FV: fuentes de variación; PFR: peso fresco de la raíz; PFA: peso fresco de la parte aérea; PFT: peso fresco total; PSR: peso seco de la raíz; PSA: peso seco de la parte aérea; PST: peso seco total; AG₃: ácido giberélico; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P = 0.05$)

Al comparar niveles de remojo en cada variedad (Figura 3.1), para la variable semillas germinadas en las variedades ‘Colombia’ y ‘Modificada’ el remojo con AG₃ superó significativamente ($P = 0.05$) al remojo con agua y el testigo, tal como se observó para los efectos principales. Sin embargo, en las variedades ‘Sacha’, ‘Csaegro’, ‘Fitos’ y ‘Chiclayo’ no se encontraron diferencias significativas entre niveles de remojo. Para el índice de velocidad de germinación (IVG) en las variedades ‘Sacha’, ‘Csaegro’, ‘Fitos’, ‘Chiclayo’ y ‘Modificada’ no se encontraron diferencias entre los niveles de remojo, contrario a lo observado en los efectos principales. Solo en ‘Colombia’ se encontró que el remojo con AG₃ superó al remojo con agua y al testigo en IVG.

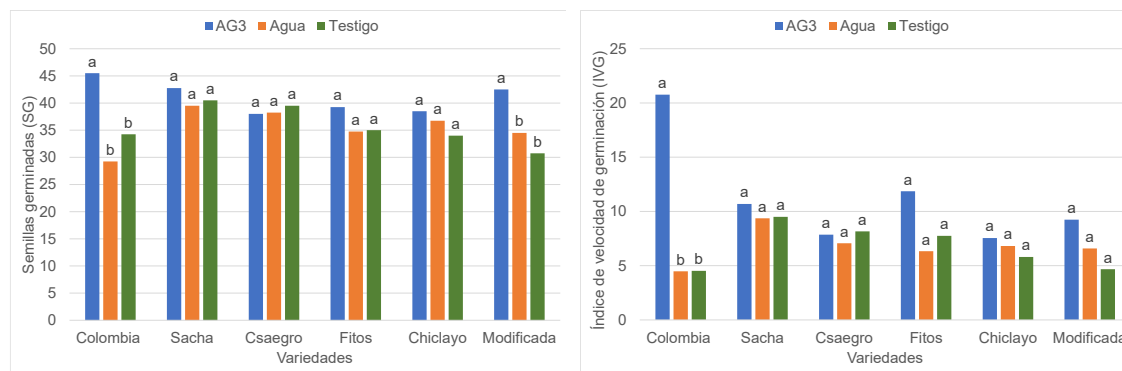


Figura 3.1. Comparación de medias entre niveles de remojo para cada variedad de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Barras con la misma letra dentro de variedades no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).

3.3.3 Análisis de varianza de la calidad fisiológica de semilla (segunda prueba)

Los resultados del análisis de varianza para el factor variedad muestran efectos altamente significativos ($P \leq 0.01$) para la mayoría de las variables a excepción de PAN y PFA (Cuadros 3.5 y 3.6). Estos resultados presentan diferencias entre las variedades evaluadas, las cuales se expresan de manera diferente durante la germinación y el desarrollo de plántulas. Estudios previos en *Physalis peruviana* han reportado la existencia de variación genética entre variedades de la especie (Alcázar et al., 2020), lo que coincide con lo encontrado en esta investigación.

Para el factor remojo se observaron efectos altamente significativos ($P \leq 0.01$) en las variables SG, PN, PAN, IVG, LR, LA, PSR, PSA y PST (Cuadros 3.5 y 3.6). Sin embargo, no se encontraron efectos en LTP, PFR, PFA y PFT. Jatana et al. (2024) reportaron que los tratamientos de remojo previo a la siembra ayudan a mejorar la activación de procesos fisiológicos y metabólicos de la germinación y acelerar la emergencia de la radícula en comparación con semillas no tratadas.

El factor ambiente tuvo efectos altamente significativos ($P \leq 0.01$) únicamente en las variables IVG y PST (Cuadros 3.5 y 3.6). Estos resultados indicaron que las condiciones ambientales de conservación de la semilla influyeron principalmente en variables asociadas al vigor de la semilla, como la velocidad de germinación y la acumulación de biomasa inicial, más que en el porcentaje total de semillas

germinadas. De acuerdo con Geneve (2018), las condiciones de almacenamiento como la temperatura y la disponibilidad de agua modifican el proceso germinativo y el crecimiento inicial de la plántula.

Cuadro 3.5. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) almacenadas en dos condiciones de almacenamiento durante un año.

FV	GL	SG	PN	PAN	IVG	LR	LA	LTP
Bloque	3	28.70 **	1101.04 **	1041.68 **	394.88 **	0.29 **	1.04 **	1.89 **
Variedad	5	12.79 **	172.00 **	124.20	351.22 **	0.22 **	0.52 **	1.08 **
Remojo	1	123.76 **	1309.07 **	925.04 **	529.93 **	11.02 **	13.11 **	48.10
Ambiente	1	12.04	0.94	12.76	63.07 **	0.13	0.03	0.28
Tiempo	3	151.41 **	3058.77 **	3426.99 **	288.52 **	1.09 **	7.45 **	10.62 **
VxR	5	2.31	23.66	22.47	13.37	0.12	0.04	0.26
VxA	5	2.79	70.92	71.82	10.57	0.08	0.04	0.04
VxT	15	3.00	65.95	69.17	9.63	0.08	0.09	0.22
RxA	1	24.00 **	295.75 **	243.84 **	44.91 **	0.01	0.02	0.00
RxT	3	26.99 **	316.34 **	313.03 **	16.19	0.10	0.30 **	0.72 **
AxT	3	5.67	130.87 **	80.27	8.96	0.08	0.37	0.52 **
VxRxA	5	4.15	41.33	36.05	4.95	0.03	0.08	0.11
AxRxT	15	1.90	29.53	26.19	6.70	0.05	0.05	0.09
VxAxT	15	0.88	33.26	27.87	4.33	0.03	0.09	0.11
RxAxT	3	8.38	75.89	89.49	10.31	0.02	0.01	0.02
VxRxAxT	15	0.92	30.68	24.09	4.28	0.03	0.10	0.12
Error	285	3.42						
Total	383							
CV (%)		3.80	18.13	63.76	9.75	20.38	20.07	14.43

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; SG: semillas germinadas; PN: plántulas normales; PAN: plántulas anormales; IVG: índice de velocidad de germinación; LR: longitud de la raíz; LA: longitud de la parte aérea; LTP: longitud total de plántula. VxR: variedad por remojo; VxA: variedad por ambiente; VxT: variedad por tiempo; RxA: remojo por ambiente; RxT: remojo por tiempo; AxT: ambiente por tiempo; VxRxA: variedad por remojo por ambiente; AxRxT: ambiente por remojo por tiempo; VxAxT: variedad por ambiente por tiempo; RxAxT: remojo por ambiente por tiempo; VxRxAxT: variedad por remojo por ambiente por tiempo.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

Para el factor tiempo los resultados mostraron efectos altamente significativos ($P \leq 0.01$) en las variables SG, PN, PAN, IVG, LR, LA, LTP, PFA PFT, PSR, PSA y PST, mientras que para la variable PFR no hubo efectos (Cuadros 3.5 y 3.6). El tiempo de almacenamiento influye considerablemente en la calidad fisiológica de las semillas, debido a que durante este periodo se presenta un envejecimiento progresivo en las semillas que afectan su desempeño fisiológico tal como lo mencionaron Pirredda et al. (2023).

Cuadro 3.6. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) almacenadas en dos condiciones de almacenamiento durante un año.

FV	GL	PFR	PFA	PFT	PSR	PSA	PST
Bloque	3	1074.99	2763.54	1520.98	1.396 **	0.271	1.225
Variedad	5	4195.01 **	2132.99	11038.87 **	2.158 **	7.979 **	13.826 **
Remojo	1	278.12	404.47	1087.77	0.863 **	20.304 **	24.908 **
Ambiente	1	1704.38	530.87	4186.38	0.375	8.912	10.868 **
Tiempo	3	741.52	8441.74 **	75181.34 **	1.465 **	15.324 **	224.309 **
VxR	5	411.62	1062.56	586.79	0.193	0.503	0.778
VxA	5	827.83	492.88	2074.83	0.134	0.169	0.397
VxT	15	1366.72	1259.76	4507.81 **	0.300	0.370	0.903
RxA	1	151.50	1180.55	468.83	0.338	0.344	1.193
RxT	3	574.40	934.70	433.19	0.427	1.070	3.338 **
AxT	3	2002.71	621.45	4698.13	0.265	0.462	1.178
VxRxA	5	394.15	1123.29	372.45	0.045	0.442	0.193
AxRxT	15	578.89	881.31	432.68	0.205	1.588 **	2.038
VxAxT	15	1216.49	1002.88	2819.71	0.194	0.372	0.509
RxAxT	3	189.57	1018.42	365.11	0.075	0.041	0.177
VxRxAxT	15	381.76	1195.10	324.98	0.160	0.791	0.694
Error	285						
Total	383						
CV (%)		77.96	55.24	51.99	29.56	21.88	19.15

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; PFR: peso fresco de la raíz; PAF: Peso fresco de la parte aérea; PFT: peso fresco total; PSR: peso seco de la raíz; PS: peso seco de la parte aérea; PST: peso seco total. VxR: variedad por remojo; VxA: variedad por ambiente; VxT: variedad por tiempo; RxA: remojo por ambiente; RxT: remojo por tiempo; AxT: ambiente por tiempo; VxRxA: variedad por remojo por ambiente; AxRxT: ambiente por remojo por tiempo; VxAxT: variedad por ambiente por tiempo; RxAxT: remojo por ambiente por tiempo; VxRxAxT: variedad por remojo por ambiente por tiempo.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

La interacción (Cuadros 3.5 y 3.6) variedad por tiempo fue altamente significativa en el PFT. No todas las variedades se comportaron de la misma manera durante el tiempo de almacenamiento. Esto puede ser debido a las diferencias genéticas entre variedades, ya que la longevidad y la calidad fisiológica de las semillas son influenciadas por factores genéticos (Pirreda et al., 2023). Se observó interacción remojo por ambiente altamente significativa en las variables SG, PN, PAN e IVG. La germinación depende de condiciones ambientales de almacenamiento como temperatura y humedad relativa, que afectan el estado fisiológico y modifican la respuesta germinativa y el vigor de las semillas (Corbineau, 2024). Se detectó una interacción altamente significativa entre remojo por tiempo en las variables SG, PN, PAN, LA, LTP y PST. Durante el tiempo de almacenamiento las semillas sufren cambios fisiológicos como la pérdida de vigor o liberación de latencia que modifican su capacidad de imbibición y la respuesta a tratamientos

pregerminativos (Jatana et al., 2024). La interacción ambiente por tiempo fue altamente significativa en las variables PN, LTP. Corbineau (2024) mencionó que los factores como temperatura y humedad de las condiciones de almacenamiento influyen a través del tiempo y por lo tanto en el crecimiento de las plántulas. Se observó interacción ambiente por remojo por tiempo altamente significativa en la variable PSA.

3.3.4 Comparación de medias (segunda prueba)

Para las variables SG, PN, PAN, IVG, LR, LTP, PFR, PFT, PSR, PSA y PST, las variedades 'Fitos', 'Chiclayo', 'Colombia' y 'Modificada' superaron significativamente (Tukey, $P = 0.05$) a la variedad 'Sacha' (Cuadros 3.7 y 3.8). Los resultados coinciden con lo reportado por Peña-Lomelí et al. (2022) en *Physalis ixocarpa* quienes reportaron que la calidad fisiológica y el desempeño germinativo puede variar entre variedades, lo cual confirma que el potencial germinativo está asociado al genotipo de la semilla. Además de las semillas germinadas, las diferencias observadas en las variables de vigor muestran efectos altamente significativos. De acuerdo con Marcos (2015), el vigor busca identificar diferencias en el potencial fisiológico real de semillas entre genotipos o lotes. En el presente estudio los resultados obtenidos a partir del vigor reflejan que algunas variedades no solo germinaron con mayor rapidez, sino que también desarrollaron plántulas con un mejor crecimiento, expresando el vigor fisiológico.

En las variables SG, PN, PAN, IVG, LR, LA, LTP, PSR, PSA y PST, el remojo de las semillas con AG₃ previo a la siembra favoreció la expresión de la germinación y el vigor, en comparación con el testigo. De acuerdo con Rajendra (2023), la disponibilidad de agua durante el remojo reinicia la actividad metabólica de la semilla, incrementando la respiración, la activación de enzimas y la movilización de reservas hacia el embrión, procesos que promueven la emergencia de la radícula y la germinación. En este sentido, estudios realizados reportan que la disponibilidad de agua y el estado fisiológico de la semilla influyen en la velocidad y calidad de germinación, así como en el vigor y el establecimiento de plántulas

en especies de *Physalis* (Reed et al., 2022; de Freitas et al., 2024; Yildirim et al., 2011).

Cuadro 3.7. Pruebas de comparación de medias de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) almacenadas en dos condiciones de almacenamiento durante un año.

FV	SG	PN	PAN	IVG	LR	LA	LTP
Variedad							
Colombia	48.81 a ^z	39.64 a	9.70 ab	31.93 a	1.36 a	1.55 a	2.92 a
Sacha	47.78 b	35.92 b	12.84 a	26.41 d	1.24 ab	1.52 a	2.75 a
Csaegro	48.44 ab	37.22 ab	11.81 ab	27.67 cd	1.24 ab	1.57 a	2.81 a
Fitos	49.00 a	39.31 ab	10.19 ab	32.19 a	1.33 ab	1.53 a	2.86 a
Chiclayo	48.88 a	39.27 ab	10.16 ab	30.28 b	1.27 ab	1.55 a	2.82 a
Modificada	48.75 a	40.13 a	9.17 b	28.58 c	1.22 b	1.33 b	2.54 b
DMSH	0.94	3.55	3.44	1.46	0.13	0.15	0.20
Remojo							
AG ₃	49.18 a	40.42 a	9.09 b	30.68 a	1.45 a	1.69 a	3.14 a
Testigo	48.04 b	36.73 b	12.20 a	28.33 b	1.11 b	1.32 b	2.43 b
DMSH	0.37	1.41	1.36	0.58	0.05	0.06	0.08
Ambiente							
BG	48.79 a	38.63 a	10.46 a	29.10 b	1.30 a	1.52 a	2.81 a
Laboratorio	48.43 a	38.53 a	10.83 a	29.91 a	1.26 a	1.50 a	2.76 a
DMSH	0.37	1.41	1.36	0.58	0.05	0.06	0.08
Tiempo							
2 (3 meses)	50.00 a	39.18 b	10.82 b	30.89 a	1.41 a	1.51 b	2.91 b
3 (6 meses)	47.53 b	31.52 c	18.48 a	28.85 b	1.15 c	1.41 b	2.56 c
4 (9 meses)	47.56 b	38.31 b	9.25 b	27.35 c	1.25 bc	1.22 c	2.47 c
5 (12 meses)	49.34 a	45.31 a	4.03 c	30.94 a	1.31 b	1.89 a	3.19 a
DMSH	0.69	2.61	2.53	1.07	0.10	0.11	0.15

FV: fuentes de variación; SG: semillas germinadas; PN: plántulas normales; PAN: plántulas anormales; IVG: índice de velocidad de germinación; LR: longitud de la raíz; LA: longitud de la parte aérea; LTP: longitud total de plántula; AG₃: ácido giberélico; BG: banco de germoplasma; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P = 0.05$).

La presencia de plántulas anormales (PAN) observadas puede estar relacionada con el deterioro de los tejidos embrionarios que afectan el metabolismo de la semilla e impiden la formación adecuada de estructuras esenciales en plántulas. Así, aunque el remojo favorezca la imbibición, las semillas deterioradas pueden originar plántulas anormales, las cuales no tienen el potencial para desarrollarse en plantas normales bajo condiciones favorables (ISTA, 2016).

Para el factor ambiente, la semilla conservada en el Laboratorio de Semillas generó valores de IVG, PSA y PST superiores a los obtenidos en el Banco de Germoplasma. Al respecto, Peña-Lomelí et al. (2022) señalaron que diferentes

ambientes de almacenamiento pueden modificar la calidad fisiológica de la semilla de tomate de cascar y su comportamiento germinativo, lo que coincide con Kranner et al. (2010) quienes señalaron que las condiciones en las que permanecen las semillas durante el almacenamiento sí influyen en su desempeño, ya que alteraciones fisiológicas reflejan diferencias en germinación y el desarrollo inicial de las plántulas. Por otra parte, los factores de estrés asociados al cambio climático, como temperaturas y contenidos de humedad elevadas, reducen el vigor de las semillas. Si estas condiciones ocurren durante el llenado de la semilla o el almacenamiento, pueden provocar latencia primaria o acelerar el envejecimiento. Esto ocasiona que las semillas tarden más en germinar o lo hagan sin formar plántulas normales (Reed et al., 2022).

Cuadro 3.8. Pruebas de comparación de medias de variables evaluadas de semillas de seis variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) almacenadas en dos condiciones de almacenamiento durante un año.

FV	PFR	PFA	PFT	PSR	PSA	PST
Variedad						
Colombia	52.42 a ^z	70.53 a	109.83 a	1.70 a	5.03 a	5.93 a
Sacha	34.87 ab	59.72 a	81.83 bc	1.38 b	4.36 b	5.03 b
Csaegro	35.82 b	60.24 a	83.45 bc	1.46 b	4.35 b	5.10 b
Fitos	42.06 b	68.93 a	98.90 ab	1.52 ab	4.26 b	5.08 b
Chiclayo	37.13 b	61.53 a	85.52 bc	1.42 b	4.29 b	5.00 b
Modificada	28.55 b	55.61 a	73.62 c	1.14 c	3.96 b	4.48 c
DMSH	15.21	17.58	23.43	0.22	0.49	0.50
Remojo						
AG ₃	39.33 a	63.79 a	90.54 a	1.48 a	4.60 a	5.36 a
Testigo	37.62 a	61.73 a	87.17 a	1.39 b	4.14 b	4.85 b
DMSH	6.03	6.96	9.28	0.09	0.19	0.20
Ambiente						
BG	36.37 a	61.58 a	85.56 a	1.47 a	4.53 a	5.27 a
Laboratorio	40.58 a	63.94 a	92.16 a	1.40 a	4.22 b	4.93 b
DMSH	6.03	6.96	9.28	0.09	0.19	0.20
Tiempo						
2 (3 meses)	41.09 a	57.96 bc	49.54 c	1.54 a	4.19 b	2.89 c
3 (6 meses)	40.61 a	66.62 ab	107.23 a	1.26 b	4.36 b	5.62 b
4 (9 meses)	35.60 a	52.61 c	88.22 b	1.47 a	4.01 b	5.49 b
5 (12 meses)	36.60 a	73.85 a	110.44 a	1.47 a	4.93 a	6.41 a
DMSH	11.19	12.93	17.23	0.16	0.36	0.36

FV: fuentes de variación; PFR: peso fresco de la raíz; PFA: peso fresco de la parte aérea; PFT: peso fresco total; PSR: peso seco de la raíz; PSA: peso seco de la parte aérea; PST: peso seco total; AG₃: ácido giberélico; BG: banco de germoplasma; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P = 0.05$).

A los doce meses de almacenamiento se observaron los valores más altos en las variables SG, PN, IVG, LA, LTP, PFA, PFR, PFT, PSA, PST, aunque no fue superior al almacenamiento de tres meses en las variables SG, IVG, LR y PSR. La disminución inicial y posterior aumento en la calidad fisiológica de las semillas durante el almacenamiento pueden estar ligadas a procesos de posmaduración (after-ripening), tal como lo señalaron Chandra et al. (2024), quienes explicaron que durante ese periodo ocurren cambios fisiológicos y bioquímicos que reducen la latencia y mejoran la germinación y el vigor después de cierto tiempo de almacenamiento. Si bien el tiempo de almacenamiento juega un papel importante en el deterioro de las semillas, no actúa de manera aislada, factores como la temperatura, la humedad y la calidad fisiológica inicial de la semilla pueden acelerar o retardar los procesos de envejecimiento y afectar el desarrollo inicial de las plántulas (Pirreda et al., 2023).

Al comparar tiempo de almacenamiento para cada variedad (Figura 3.2) se observó que para los seis meses hay un aumento en el peso fresco total en las variedades 'Colombia' y 'Fitos', en comparación con 'Sacha', 'Csaegro', 'Chiclayo' y 'Modificada', que a los doce meses tuvieron un mayor peso fresco total. Nonogaki (2019) mencionó que durante el almacenamiento la latencia disminuye progresivamente por efecto de la posmaduración; sin embargo, la velocidad de este proceso es diferente entre variedades según su genotipo y la intensidad de dormancia inicial.

En la comparación de remojo para cada ambiente (Figura 3.3) se encontró que para el banco de germoplasma es sobresaliente el efecto del remojo a la semilla, mientras que en el caso del laboratorio de semillas el efecto es menor. Para las semillas que son conservadas en el banco de germoplasma es necesario dar un tratamiento de remojo para tener mayor germinación y expresión del vigor. Las condiciones de almacenamiento, como la baja temperatura y el bajo contenido de humedad, reducen la actividad metabólica de la semilla lo que favorece la presencia de la latencia. En este contexto, el equilibrio entre ácido abscísico (ABA) y las giberelinas regula la germinación, por lo que la aplicación de AG₃

permite disminuir el efecto inhibidor del ABA y promover la germinación (Pradana et al., 2022).

Para el caso del remojo por tiempo de almacenamiento (Figura 3.4), a los seis y nueve meses hubo efecto positivo del remojo en las variables SG, PN, PAN y PST, mientras que a los tres y doce meses no es necesario el remojo. Por otra parte, a los nueve meses de almacenamiento para las variables de LA y LTP es necesario el remojo para obtener mejor expresión del vigor. Según Chandra et al. (2024) la latencia puede presentarse durante el almacenamiento y disminuir con el tiempo. Sin embargo, puede existir un desbalance hormonal y afectar la imbibición y la activación metabólica.

Al analizar el comportamiento de tipo de almacenamiento en cada nivel del factor tiempo (Figura 3.5) se observó que las semillas almacenadas a los nueve meses en el laboratorio de semillas presentaron mayor número de plántulas normales, mientras que para la longitud total de plántulas a los seis meses de almacenamiento en el banco de germoplasma hubo mejor expresión de la longitud. Las condiciones de almacenamiento modifican la velocidad y el tipo de cambios fisiológicos que ocurren en la semilla según el tiempo de conservación (De Vitis et al., 2020).

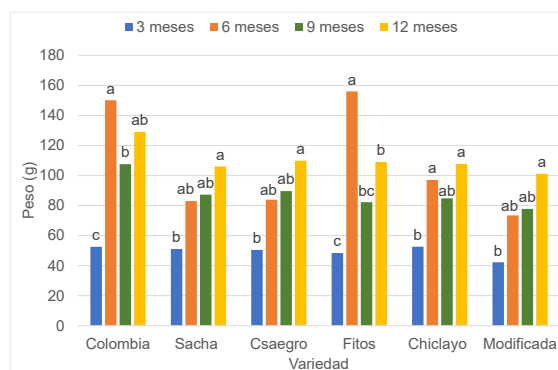


Figura 3.2. Comparación de medias entre tiempo de almacenamiento para cada variedad. Barras con la misma letra dentro de variedades no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).

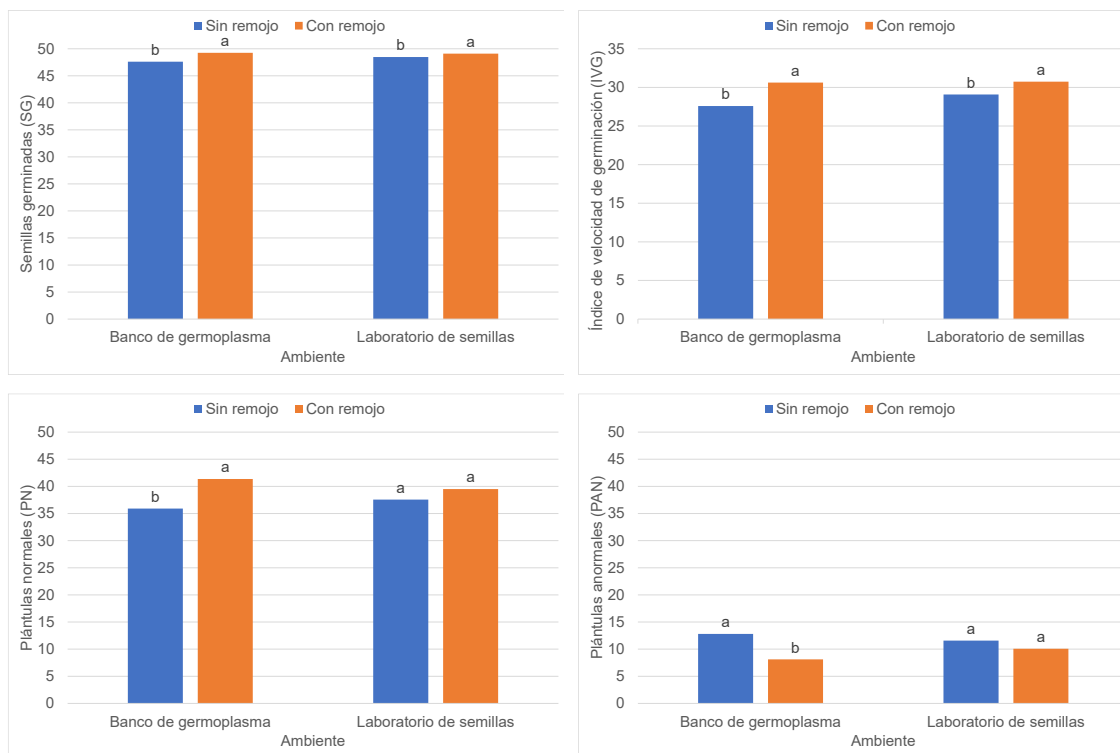
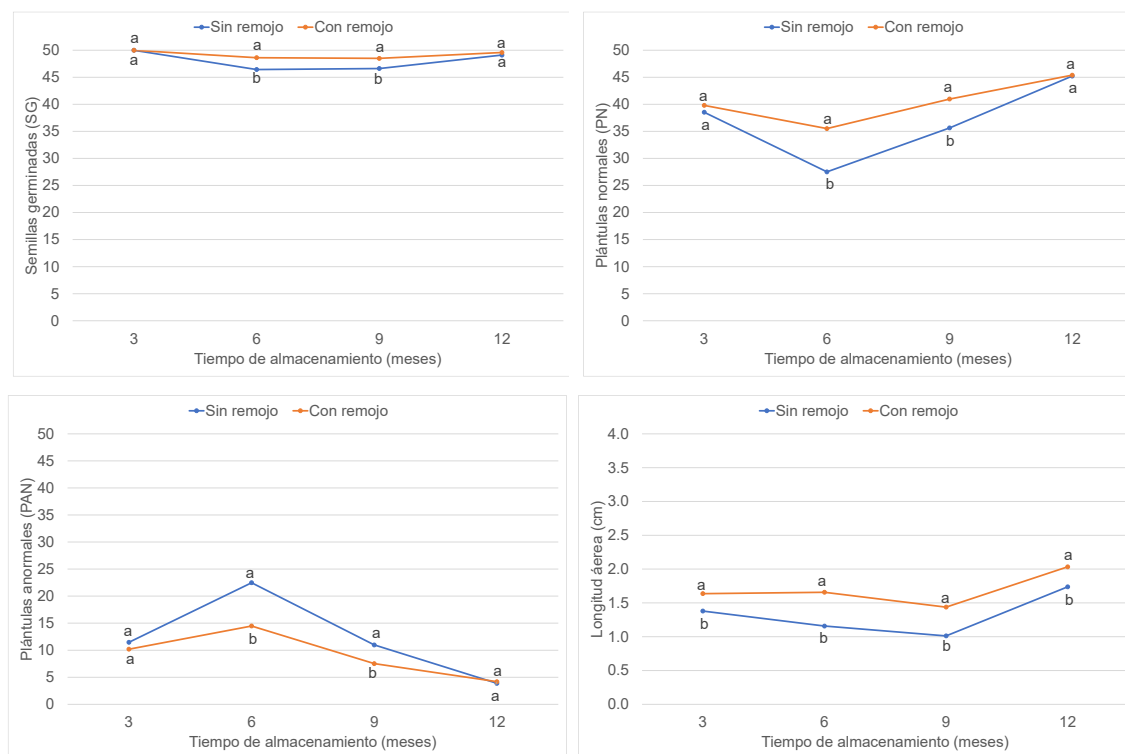


Figura 3.3. Comparación de medias entre niveles de remojo en cada ambiente. Barras con la misma letra dentro de variedades no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).



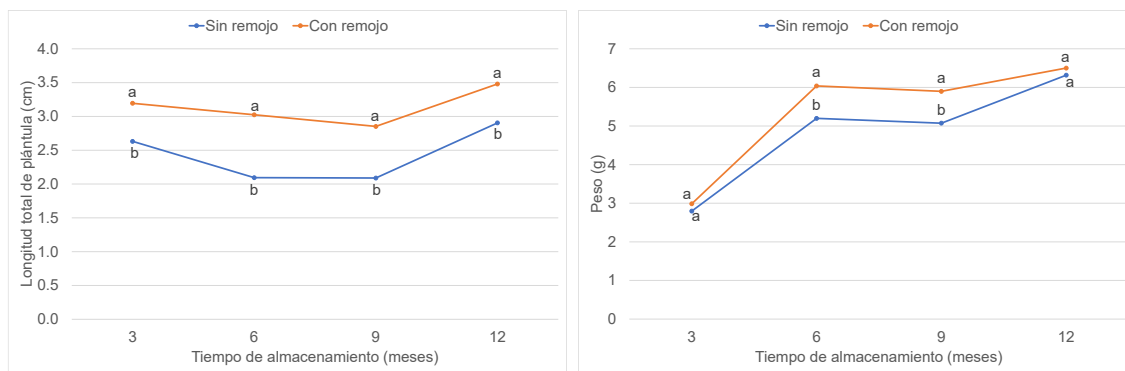


Figura 3.4. Comparación de medias entre niveles de remojo en cada tiempo de almacenamiento. Letras iguales para cada tiempo de almacenamiento no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).

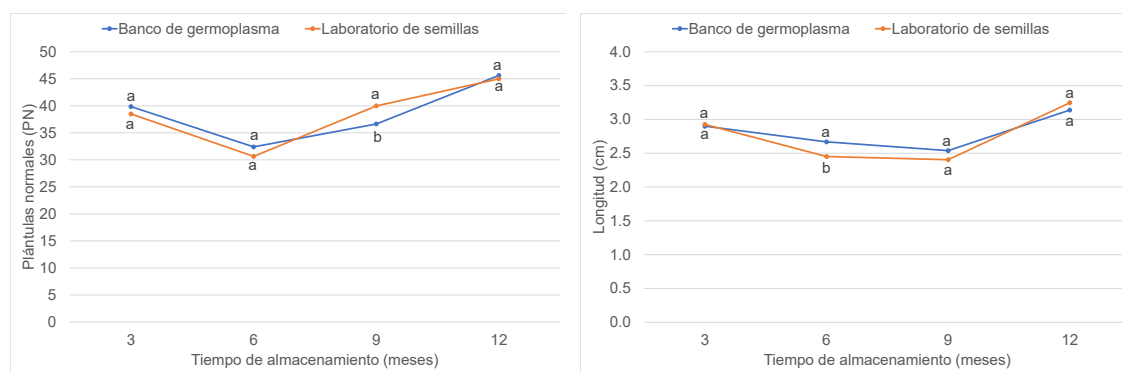


Figura 3.5. Comparación de medias entre ambientes para cada tiempo de almacenamiento. Letras iguales para cada tiempo de almacenamiento no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).

3.4 Conclusiones

El remojo con AG₃ ayuda a mejorar la germinación y el vigor de semillas de uchuva ya que rompe la latencia.

El almacenamiento en el banco de germoplasma afectó negativamente el índice de velocidad de germinación, sin embargo, se puede contrarrestar mediante 24 h de remojo con 500 ppm de AG₃.

De las seis variedades de uchuva evaluadas, 'Colombia' presentó los valores más altos de germinación (95 %) y vigor (10 g por plántula).

La calidad fisiológica de la semilla de uchuva se incrementa a través del tiempo durante el primer año de almacenamiento, por lo que se concluye que presenta latencia.

3.5 Literatura citada

- AGRONET. (2023). *Rendimiento nacional por cultivo: Uchuva*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Alcázar, P. G. G., Felices, S. P., & Gómez, K. M. (2020). Diversidad citogenética de *Physalis peruviana* L. “aguaymanto” de los ecotipos del Perú. *Investigación*, 28(1), 157-165.
- Balaguera-López, H. E., Cárdenas-Hernández, J. F., & Álvarez-Herrera, J. G. (2008). Effect of giberellic acid (GA₃) on seed germination and growth of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Horticulturae*, 821, 141-148. [10.17660/ActaHortic.2009.821.15](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.821.15)
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2012). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3rd ed.). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-4693-4>
- Cardona, C. A. P. & Higuera, Y. T. (2025). Analysis of the cape gooseberry value chain towards the European market. *Edu-Tech Enterprise*, 3, 1-39. <https://doi.org/10.71459/edutech202539>
- Chandra, RJ, Masilamani, P., Suthakar, B., Rajkumar, P., Sivakumar, S. D., & Manonmani, V. (2024). Seed dormancy and after-ripening mechanisms in seed germination. A comprehensive review. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(10), 68-92. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i105056>
- Corbineau, F. (2024). The effects of storage conditions on seed deterioration and ageing: How to improve seed longevity. *Seeds*, 3(1), 56-75. <https://doi.org/10.3390/seeds3010005>
- Cruzado, A. Y. C., Herrera, N. A. V., Medina, S. E. L., León, J. M., Soto, J. C. R., Rivero, A. E. G., & Velasquez, C. L. Y. G. (2025). Influencia del ácido

- giberélico en la germinación de *Physalis peruviana* “aguaymanto”. *Manglar*, 22(1), 61-66. <https://doi.org/10.57188/manglar.2025.007>
- De Freitas, E. M., Gomes, C. N., da Silva, L. J., & da Cunha, F. F. (2024). Germination performance of *Physalis peruviana* L. seeds under thermal and water stress conditions. *Agronomy*, 14(6), Article 1213. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061213>
- De Vitis, M., Hay, F. R., Diackie, J. B., Trivedi, C., Choi, J., & Fiegner, R. (2020). Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. *Restoration Ecology*, 28, S249-S255. <https://doi.org/10.1111/rec.13174>
- Espinosa-Rodríguez, M., Sandoval-Villa, M., García-Cruz, E., Antúnez-Ocampo, O., Pérez-Pacheco, R., & Sabino-López, J.E. (2021). El mercado de la uchuva en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1789-1802. <http://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2228>.
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 1-15. <http://doi.org/10.1590/0100-2945-441/13>
- Fischer, G., Herrera, A., & Almanza, P. J. (2011). 17 - Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). In E.M. Yagida (Ed.), *Technology and nutrition, postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (pp. 374-397). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857092762.374>.
- International Seed Testing Association. (2016). Reglas internacionales para análisis de semillas (Cap. 5). ISTA.
- Jatana, B. S., Grover, S., Ram, H., & Baath, G. S. (2024). Seed priming: molecular and physiological mechanisms underlying biotic and abiotic stress tolerance. *Agronomy*, 14(12), Article 2901. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122901>

- Kranner, I., Minibayeva, F. V., Beckett, R. P., & Seal, C. E. (2010). What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. *New Phytologist*, 188(33), 655-673. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03461.x>
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(1), 176-177.
- Marcos Filho, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agrícola*, 72(4), 363-374. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- Meneguzzo, M. R. R., Meneghello, G. E., Nadal, A. P., Xavier, F. D. M., Dellagostin, S. M., Carvalho, I. R., & Langaro, N. C. (2021). Seedling length and soybean seed vigor. *Ciencia Rural*, 51(7), Article e190495. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190495>
- Nonogaki, H. (2019). Seed germination and dormancy: The classic story, new puzzles, and evolution. *Journal of Integrative Plant Biology*, 61(5), 541-563. <https://doi.org/10.1111/jipb.12762>
- Peña-Lomelí, A., Moreno-Sánchez, L. A., Sánchez-Mejía, A., Magaña-Lira, N., Martínez-Solis, J., & Sahagún-Castellanos, J. (2022). Physiological quality of tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horm.) seed under two storage conditions. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 28(1), 51-65. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2021.06.009>
- Peña-Lomelí, A., Ponce-Valerio, J. J., Sánchez-del-Castillo, F., & Magaña-Lira, N. (2014). Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(4), 381-391. <https://doi.org/10.35196/rfm.2014.4.381>
- Pirredda, M., Fañanás-Pueyo, I., Oñate-Sánchez, L., & Mira, S. (2023). Seed longevity and ageing: a review on physiological and genetic factors with an

emphasis on hormonal regulation. *Plants* 13(1), Article 41.
<https://doi.org/10.3390/plants13010041>

Pompelli, M. F., Jarma-Orozco, A., & Rodriguez-Páez, L. A. (2023). Imbibition and germination of seeds with economic and ecological interest: Physical and biochemical factors involved. *Sustainability*, 15(6), Article 5394.
<https://doi.org/10.3390/su15065394>

Rajendra, P. S. (2023). Testing seed for quality. In M. Dadlani & D. K. Yadava (Eds.), *Seed science and technology: Biology, production, quality* (pp. 299-334). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_13299

Reed, R. C., Bradford, K. J., & Khanday, I. (2022). Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*, 128(6), 450-459. <https://doi.org/10.1038/s41437-022-00497-2>

Xing, M., Long, Y., Wang, Q., Tian, X., Fan, S., Zhang, C., & Huang, W. (2023). Physiological alterations and nondestructive test methods of crop seed vigor: A comprehensive review. *Agriculture*, 13(3), Article 527.
<https://doi.org/10.3390/agriculture13030527>

Yildirim, E., Karlidag, H., & Dursun, A. (2011). Salt tolerance of *Physalis* during germination and seedling growth. *Pakistan Journal of Botany*, 43(6), 2673-2676.