

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“TIPO DE LUZ Y ESCARIFICACIÓN MICROPILAR EN LA
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE MARACUYÁ**

Passiflora edulis var. flavicarpa”

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

DENFIGER MANUEL ALVA OBREGÓN

LIMA – PERU

2024

Tipo de luz y escarificación micropilar en la germinación de semillas de maracuyá

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	docplayer.es Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	www.scielo.org.co Fuente de Internet	1%
6	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unicach.mx Fuente de Internet	<1%
8	repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1%
9	www.agraria.pe Fuente de Internet	

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“TIPO DE LUZ Y ESCARIFICACIÓN MICROPILAR EN LA
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE MARACUYÁ**

Passiflora edulis var. flavicarpa”

DENFIGER MANUEL ALVA OBREGÓN

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Erick Espinoza Núñez
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Cecilia Emperatriz Figueroa Serrudo
ASESORA

Ing. Saray Siura Céspedes
MIEMBRO

Ph. D. Rember Emilio Pinedo Taco
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis padres Crisaldina y Francisco por su cariño, paciencia y su apoyo constante en la etapa de formación profesional y en la vida

AGRADECIMIENTOS

Expresar mi agradecimiento al Creador Dios Todopoderoso por darme fuerzas, mucha paciencia y la sabiduría en la culminación de la presente tesis, asimismo por la vida en compañía de mi familia con quienes comparto un gran amor, verlos a ellos feliz me complace mucho y llena de mucha felicidad mi espíritu, especialmente a mis padres.

Expresar mi sincero agradecimiento a mi asesora de tesis Mg. Sc. Cecilia Figueroa por su paciencia y dedicación en la orientación de la ejecución y redacción de la presente tesis.

A los miembros del jurado el Dr. Erick Espinoza, Dr. Rember Pinedo y la Ing. Saray Siura por el tiempo brindado en la revisión tanto del proyecto de tesis como del borrador final y en su mejora mediante sus sugerencias y mejoras de la forma y fondo de la tesis.

A los profesores Dr. Federico Dueñas y Mg Luis Espinoza que, mediante el curso del pregrado de Metodología de la Investigación y Seminario de Tesis, respectivamente me orientaron en la estructura del proyecto de tesis lo cual me ayudó bastante en dicho propósito.

Al Mg. Fernando Rosas quien me brindó algunas sugerencias en el planteamiento de las variables y el que me orientó en el planteamiento de la metodología del diseño experimental.

A la Ing. Susana Chumbiauca por su apoyo y su orientación durante las primeras semanas de haber llegado al Laboratorio Nacional de Investigación de Semillas (LANIS) en las técnicas de análisis de semillas y su fundamento. A la Ing. Verónica Jiménez quien me incentivó a seguir con la tesis y no rendirme.

Asimismo, a la Ing. Esther Ircañaupa por su orientación durante la ejecución del experimento en LANIS y aportes en la mejora en el análisis de los resultados de la tesis. Además, agradecer a los asistentes técnico del LANIS las señoras Lupe y Lourdes quienes me apoyaron en la instalación del experimento y me facilitaron algunos materiales para el mismo.

Agradecer también al Mg. Sc Ing. Héctor Cantaro en la recopilación bibliográfica de algunos artículos científicos interesantes relacionados al tema de semillas y al biólogo Frank Cárdenas por su orientación y aportes en la mejora de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1.	ANTECEDENTES	4
2.1.1	Antecedentes internacionales	4
2.1.2	Antecedentes nacionales	5
2.2.	MARCO TEÓRICO	6
2.2.1	Significado biológico de la luz	6
2.2.2	La luz como factor ambiental en el proceso de germinación.....	7
2.2.3	Aspectos generales del maracuyá	8
2.2.4	Factores que afectan la germinación.....	12
2.2.5	Comportamiento de las semillas frente a la luz	14
2.2.6	La dormancia: tipos y su influencia en el proceso germinativo.....	17
2.2.7	Viabilidad, longevidad y vigor de las semillas	19
2.2.8	Tratamientos pre germinativos	21
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	26
III.	METODOLOGÍA	30
3.1.	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	30
3.2.	ESTABLECIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS DE ESTUDIO.....	30
3.3.	PROTOCOLO DE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	31
3.3.1	Extracción de las semillas del fruto y su posterior secado.....	31
3.3.2	Tratamientos pre - germinativos (escarificación micropilar).....	33
3.3.3	Establecimiento de las unidades de análisis.....	34
3.3.4	Pruebas de germinación en las cámaras de luz	35
3.3.5	Evaluación del porcentaje de germinación agronómica	37
3.3.6	Prueba de viabilidad de las semillas	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS FRUTOS	42

4.2.	CARACTERIZACIÓN DE LA ANATOMÍA DE LA SEMILLA	45
4.2.1	Anatomía externa	45
4.2.2	Anatomía interna.....	45
4.3.	CARACTERIZACIÓN DE LAS PLÁNTULAS Y SEMILLAS.....	46
4.3.1	Plántulas normales	46
4.3.2	Plántulas anormales	48
4.3.3	Semillas duras y muertas	50
4.4.	ASPECTOS FITOSANITARIOS DE LA CALIDAD DE SEMILLAS	52
4.4.1	Infección secundaria de las plántulas.....	52
4.4.2	Semillas infectadas por fitopatógenos	53
4.5.	CARACTERÍSTICAS DE PLÁNTULAS EN CONDICIONES DE LUZ Y OSCURIDAD.....	53
4.5.1	Plántulas desarrolladas en condiciones de oscuridad.....	53
4.5.2	Plántulas etioladas acondicionadas en ambientes de luz	54
4.5.3	Plántulas desarrolladas en condiciones de luz	55
4.6.	PRUEBA DE VIABILIDAD.....	56
4.7.	EVALUACIÓN DE LAS PRUEBAS DE GERMINACIÓN	58
4.7.1	Pruebas estadísticas para el análisis de datos.....	58
a.	Prueba de Análisis de Varianza (ANOVA).....	58
b.	Prueba de Duncan.....	59
4.7.2	Porcentaje de germinación en cámaras bajo luz tipo LED	60
4.7.3	Porcentaje de germinación en cámaras bajo luz tipo fluorescente.....	61
4.7.4	Porcentaje de germinación sin luz (oscuridad)	62
4.7.5	Determinación del tratamiento con el mayor porcentaje de germinación.....	63
4.8.	EFEECTO DE LA ESCARIFICACIÓN MICROPILAR EN EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	66
4.9.	EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN EN RELACIÓN AL TIPO DE AMBIENTE CON LUMINOSIDAD Y OSCURIDAD.....	67

4.10. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LA PRUEBA DE VIABILIDAD Y LA DE GERMINACIÓN	68
4.11. VARIACIÓN DE LA GERMINACIÓN EN EL TIEMPO.....	69
4.11.1 Curvas de germinación acumulada	69
V. CONCLUSIONES.....	71
VI. RECOMENDACIONES.....	72
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
VIII. ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamientos de las pruebas de germinación.....	30
Tabla 2: Mediciones biométricas de los frutos y semillas	44
Tabla 3: Comparaciones biométricas de los frutos y semillas de los tres lugares de procedencia de los frutos	44
Tabla 4: Descripción de los resultados en relación a las semillas duras y muertas.....	50
Tabla 5: Prueba de viabilidad con tetrazolio - lugar INIA	57
Tabla 6: Prueba de viabilidad con tetrazolio - lugar ZAPALLAL.....	57
Tabla 7: Prueba de viabilidad con tetrazolio - lugar centro de abastos HUAMANTANGA	57
Tabla 8: Resultados de las pruebas de viabilidad de los lugares de procedencia de las semillas	58
Tabla 9: Análisis de la Varianza del modelo e interacción de los factores	59
Tabla 10: Prueba de Duncan para la interacción de los factores tipo de luz y tipo de semilla en función a la escarificación micropilar	60
Tabla 11: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas con escarificación micropilar bajo luz tipo LED.....	61
Tabla 12: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas sin escarificación micropilar bajo luz tipo LED.....	61
Tabla 13: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas con escarificación micropilar bajo luz tipo fluorescente	62
Tabla 14: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas sin escarificación micropilar bajo luz tipo fluorescente	62
Tabla 15: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas con escarificación micropilar bajo oscuridad	62
Tabla 16: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas sin escarificación micropilar bajo oscuridad	63
Tabla 17: Porcentajes de germinación de los tratamientos según la procedencia de las semillas de <i>Passiflora edulis</i>	64
Tabla 18: Porcentajes de viabilidad y de germinación de los tres lugares de procedencia de las semillas de <i>Passiflora edulis</i>	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución del espectro de luz tipo LED.....	8
Figura 2: Fases fenológicas de la flor de <i>Passiflora edulis</i> f. <i>edulis</i>	10
Figura 3: Vista de las semillas del maracuyá.....	25
Figura 4: Flujograma general de la metodología de estudio.....	31
Figura 5: Procedimientos para la instalación de los tratamientos.	32
Figura 6: Detalle del corte transversal a nivel de zona micropilar	34
Figura 7: Establecimiento de las unidades de análisis.....	35
Figura 8: Tratamientos en las cámaras de germinación.	36
Figura 9: Tratamientos en oscuridad (a) y (b), plántulas desarrolladas en condiciones de oscuridad colocados posteriormente en ambientes con presencia de luz (c).....	37
Figura 10: Tipos de germinación según el análisis del investigador	38
Figura 11: Procedimientos para la prueba de viabilidad.	40
Figura 12: Muestras de semillas observados a estereoscopio para la realización de los.....	40
Figura 13: Embriones con tejido endospermico parcialmente liberados de su testa (A). Obtención de embriones con tejido endospermico completamente libre de su testa (B). Embriones libres de su tejido endospermico para ser observados en el estereoscopio para la determinación de su viabilidad (C).....	41
Figura 14: Frutos obtenidos para la extracción de las semillas de <i>Passiflora edulis</i>	43
Figura 15: Esquema comparativo del peso de los frutos con el número de semillas de los tres lugares de procedencia.....	44
Figura 16: (A) Semillas con doble cubierta de arilo y (B) las testas de la semilla unida por el funículo (f).....	45
Figura 17: Estructura interna de la semilla de <i>Passiflora edulis</i> . (a) Parte apical, (b) Parte basal o micropilar, (ch) Chalaza, (t) Tegumento y (e) Endospermo. Cotiledones (c) y radícula (r).	46
Figura 18: Estructura de una plántula normal en condiciones de luz (a). Observación de la morfología de las plántulas normales obtenidos durante la evaluación de los tratamientos (b) y (c).....	47
Figura 19: Estructura de una plántula normal en condiciones de oscuridad (a). Observación de la morfología de las plántulas normales obtenidos durante la evaluación de los tratamientos (b) y (c).	48
Figura 20: Ejemplos de plántulas anormales en <i>Passiflora edulis</i>	49

Figura 21: Observación de semillas con emergencia radicular.	50
Figura 22: Número de semillas duras y semillas muertas de <i>Passiflora edulis</i> obtenidos en los tratamientos.....	51
Figura 23: Observación de semillas duras y semillas muertas	51
Figura 24: Presencia de fitopatógenos en los tratamientos.....	52
Figura 25: Observación de una infección secundaria a nivel de radícula (A). Semillas infectadas externamente alrededor de la testa por <i>Aspergillus</i> sp. Nótese la esporulación del micelio y su color característico (B). Plántulas normales con infección secundaria (C). ...	53
Figura 26: Plántulas etioladas desarrolladas en condiciones de oscuridad (A). Plántulas etioladas que han sido expuestas a condiciones de luz tipo LED a 25°C (B).	54
Figura 27: Comparación de los caracteres morfológicos entre una plántula desarrollada en condiciones de oscuridad (A) y con una desarrollada en luminosidad (B).	54
Figura 28: Plántulas desarrolladas en condiciones de luz tipo fluorescente (a). Plántulas desarrolladas en condiciones de luz tipo LED (b).	55
Figura 29: Clasificación de los embriones luego de su observación y análisis en el estereoscopio (A). Observación de embriones no viables (B). Observación de embriones viables (C).	56
Figura 30: Observación a mayor aumento de los embriones viables y no viables	57
Figura 31: Porcentajes de germinación de las semillas de <i>Passiflora edulis</i> en los tratamientos evaluados	64
Figura 32: Porcentajes de germinación de las semillas de <i>Passiflora edulis</i> bajo condiciones de luz LED, fluorescente y en oscuridad.....	65
Figura 33: Número de plántulas normales y anormales de <i>Passiflora edulis</i> obtenidos en los tratamientos.....	65
Figura 34: Gráfico comparativo de los porcentajes entre semillas escarificadas y sin escarificar de <i>Passiflora edulis</i>	66
Figura 35: Porcentajes de germinación de la semilla de <i>Passiflora edulis</i> de ambientes distintos en función al tipo de luz.....	67
Figura 36: Correlación entre los porcentajes de viabilidad y germinación de los tres lugares de procedencia de las semillas de <i>Passiflora edulis</i>	69
Figura 37: Curva de germinación acumulada de las plántulas de <i>Passiflora edulis</i> var <i>Flavicarpa</i>	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Factores de estudio.....	90
Anexo 2: Modelo aditivo lineal	90
Anexo 3: Descripción de las variables y factores de estudio	91
Anexo 4: Tratamientos de estudio en base a los factores de estudio.....	91
Anexo 5: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de luz LED para semillas con escarificación micropilar en <i>Passiflora edulis</i>	92
Anexo 6: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de luz LED para semillas sin escarificación micropilar en <i>Passiflora edulis</i>	93
Anexo 7: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de luz fluorescente para semillas con escarificación micropilar en <i>Passiflora edulis</i>	94
Anexo 8: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de luz fluorescente para semillas sin escarificación micropilar en <i>Passiflora edulis</i>	95
Anexo 9: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de oscuridad para semillas con escarificación micropilar en <i>Passiflora edulis</i>	96
Anexo 10: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de oscuridad para semillas sin escarificación micropilar en <i>Passiflora edulis</i>	97
Anexo 11: Tabla resumen de los porcentajes de germinación de los tratamientos	98
Anexo 12: Base de datos de los resultados para el procesamiento de datos mediante el programa Infostat.....	98
Anexo 13: Prueba de Duncan para el factor tipo de semilla con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$	99
Anexo 14: Anexo 14. Prueba de Duncan para el factor tipo de luz con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$	99
Anexo 15: Anexo 15. Registro de las temperaturas máxima y mínima en los tratamientos de germinación bajo lámpara tipo fluorescente	99
Anexo 16: Anexo 16. Variación de la temperatura máxima y mínima en la cámara de germinación bajo luz tipo fluorescente.....	100
Anexo 17: Manual de pruebas de tetrazolio ISTA (2003) (Se observa una gráfica de la tinción de semillas de <i>Passiflora sp.</i> para la observación de los patrones de coloración como una guía en la determinación de la viabilidad de las semillas).....	100

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los efectos que ocurren de la interacción entre tipo de luz con la escarificación mecánica a nivel micropilar en el porcentaje de germinación de las semillas. Se instalaron seis tratamientos (con cuatro repeticiones cada uno) en base a los factores: tipo de luz (LED, fluorescente y oscuridad) y tipo de semilla (con y sin escarificación micropilar) mediante un arreglo factorial conducido bajo un diseño completamente al azar (DCA). Se emplearon semillas de frutobtenidas de tres lugares distintos las cuales fueron extraídas las semillas para su posterior secado. Dichos tratamientos fueron conducidos en cámaras de luz teniendo como unidad experimental 100 semillas mediante el método entre papel. Se realizaron entre 3 a 4 evaluaciones en un periodo de dos meses. Como pretratamiento se procedió con el pre-humedecimiento para estimular la germinación y superar la dormancia mecánica. Asimismo, se realizó la prueba de viabilidad para verificar el estado del embrión en las semillas que no lograron germinar. Los resultados obtenidos fueron determinados en base al número de plántulas normales, es decir tomando como criterio la germinación agronómica. Este variable no presentó una correlación directa con el porcentaje de viabilidad. Es decir, grupo de semillas con alta viabilidad no presentaron necesariamente altos porcentajes de germinación. Para el análisis estadístico de los datos se usaron el análisis de varianza (ANOVA) y la Prueba de comparación de medias de Duncan mediante los programas estadísticos Excel e InfoStat. Los resultados indican que las semillas escarificadas en luz tipo LED presentaron mayor germinación evidenciándose en un mayor número de plántulas normales por lo que la especie es fotoblástica positiva. Asimismo, la escarificación micropilar incrementó de manera significativa la germinación. Se concluye que existe interacción entre los factores de estudio mencionados.

Palabras claves: Porcentaje de germinación, escarificación micropilar, luz LED, plántulas normales, germinación agronómica.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect that occurs from the interaction between the type of light with mechanical scarification at the micropillar level on the germination percentage of passion fruit seeds with and without micropillar scarification (carried out on a group of seeds). Six treatments were installed (with four repetitions each) based on the factors: type of light (LED, fluorescent and dark) and type of seed (with and without micropillar scarification) through a factorial arrangement conducted under a completely randomized design (DCA). Fruit seeds obtained from three different places were used, which the seeds were extracted for later (INIA, Zapallal and Huamantanga supply center). Said drying Said treatments were conducted in light chambers with 100 seeds as experimental unit using the paper-to-paper method. Between 3 to 4 evaluations were carried out in a period of two months. As pretreatments, pre-wetting of the seeds was used, as well as micropillar scarification to stimulate germination and overcome mechanical dormancy. Likewise, the viability test was carried out to verify the state of the embryo in the seeds that failed to germinate. The results obtained were determined based on the number of normal seedlings, that is, taking agronomic germination as a criterion. This variable did not present a direct correlation with the percentage of viability. That is, a group of seeds with high viability did not necessarily present high germination percentages. For the statistical analysis of the data, analysis of variance (ANOVA) and Duncan's Mean Comparison Test were used using the Excel and InfoStat statistical programs. The results indicate that seeds scarified in LED-type light presented greater germination, evident in a greater number of normal seedlings, which is why the species is photoblastic positive. Likewise, micropillar scarification significantly increased germination. It is concluded that there is interaction between the aforementioned study factors. In that sense, the LED type stimulates greater germination, evident in a greater number of normal seedlings.

Keywords: Germination percentage, micropillar scarification, LED light, normal seedlings, agronomic germination.

I. INTRODUCCIÓN

La conservación ex situ de los principales cultivos de seguridad alimentaria global es una de las prioridades de la humanidad por lo que actualmente se conservan accesiones de 156 cultivos en bancos de germoplasma en diferentes países. Esto permite afianzar la conservación de los recursos genéticos de cultivos tropicales como el maracuyá por medio de bancos de germoplasma (Posada, et al., 2014).

El maracuyá es originario de Brasil. En relación a su producción mundial, se produce principalmente en países de Sudamérica como Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Bolivia y Venezuela. También en Australia, Nueva Zelanda, Hawaii, Sur África e Israel (Betancuret al., 2014). Castro et al. (2009) señalan que en la familia de las *Passifloraceae* se registran más de 400 variedades. Asimismo, mencionan que uno de los centros de origen de este cultivo se encuentra en Perú y que presenta dos variedades o formas diferentes: lapúrpura o morada (*P. edulis* Sims.) y la amarilla (*Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa*). En ese sentido, Bautista (2018) señala que entre las especies del género *Passiflora* con mayor importancia agronómica en el Perú se encuentran la granadilla (*Passiflora ligularis*) y el maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* O. Deg.).

El cultivo de maracuyá está adquiriendo una importancia económica significativa en los últimos años (Asociación de Exportadores [ADEX], 2022). En el presente año la demanda del zumo de maracuyá se incrementó en un 10% con respecto al 2021, equivalente a US \$6.1 millones de exportaciones. Según el (Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA], 2019), el 96.2% del maracuyá que se exporta es como jugo; el 3.8% restante es maracuyá sin cocer, cocido en agua o vapor. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (s.f.), la densidad de siembra (o de trasplante) es de 4000 semillas o plántulas por hectárea.

El rendimiento de este cultivo ha ido en decremento en los últimos años debido al cruzamiento de semillas de baja calidad que ingresaron por contrabando al Perú lo cual perjudicó las exportaciones lo que el 2018 ocasionó “una caída de 7% respecto a los US\$ 40.9 millones que se exportó el 2017”. Este cruzamiento originó que la variedad del maracuyá

criollo degenera su calidad de pulpa reduciendo su nivel de dulzor de 17 a menos 13 puntos, perjudicando a pequeños y medianos productores que ya no pueden ingresar con su producto al mercado exterior (INIA, 2019). En ese marco, Angelini et al. (2021) señalan que el uso de semillas de alta calidad (genética, fisiológica y sanitaria) es un factor esencial e importante en la agricultura moderna para generar la producción de plantas madre de calidad en los viveros y así asegurar una producción exitosa de los cultivos y, en particular, para mejorar la seguridad alimentaria.

Asimismo, se vienen desarrollando, por parte del Estado peruano (mediante el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MIDAGRI), programas en el mejoramiento de la calidad genética de las semillas mediante investigación de los aspectos ecofisiológicos y agronómicos del cultivo como su adaptabilidad a ciertos tipos de temperatura, la resistencia a plagas y enfermedades, el manejo de la fertilización o abonamiento según los requerimientos nutricionales del estado fenológico de la planta, el nivel de florecimiento y capacidad de rendimiento en campo (INIA, 2019).

Nuevos reportes indican que se continúan desarrollando en el INIA investigaciones mediante las evaluaciones morfoagronómicas y organolépticas de 10 accesiones promisorias de maracuyá con la finalidad de generar material de alta calidad genética y libre de problemas fitosanitarios que permitan mejorar la calidad, competitividad y rendimiento de este cultivo. Dichos trabajos de investigación permitirán determinar (en un mediano plazo) la obtención de material genético mejorado con los lineamientos de calidad que requiere el mercado exterior y nacional. Además “disponer de tecnologías de manejo agronómico, mejoramiento y producción de alta calidad genética para que el agricultor disponga de semillas y plántulas de maracuyá de calidad y rentabilidad” (INIA,2021).

Con respecto a su reproducción, este cultivo se propaga principalmente de forma sexual por la semilla botánica. En ese sentido, Cañizares y Jaramillo (2015) indican a este tipo de propagación como el método más simple y usado en el cultivo de maracuyá. Mas, no es la única forma de reproducción ya que también se puede propagar asexualmente por injertos, acodos (ya sea subterráneo o aéreo) o de manera in vitro (Chiquillo et al., 2015).

La luz es un factor importante que influye en la germinación de las semillas y en la emergencia de plántulas. Algunas especies pueden ver inhibida su germinación una vez expuesta a la luz (fotoblásticas negativas) o ser estimulada su germinación (fotoblásticas positivas). Por ello, Porras et al. (2020) señalan la importancia de la luz en el proceso de

germinación en algunas especies de semillas que poseen un comportamiento de fotoblastismo positivo, el cual incrementa la tasa de germinación y reduce la dormancia de las semillas. No obstante, existen semillas cuya germinación es indiferente a este factor, es decir que pueden germinar en condiciones de luz y de oscuridad (Matilla, 2003, como se citó en Gutiérrez, Miranda y Cárdenas-Hernández, 2011).

Existen diversos estudios sobre la influencia de la luz en el proceso germinativo. Estas investigaciones realizadas abarcan una diversidad de especies vegetales tanto silvestres como cultivadas, en los cuales se analizaron varios factores adicionales a la intensidad lumínica tales como la temperatura, la humedad relativa, entre otros. Asimismo, es importante conocer la forma cómo interactúan dichos factores y de qué manera influyen en el proceso de germinación de las semillas. Al respecto, Wu et al. 2020, indican el efecto positivo de intensidad lumínica en el proceso de la emergencia radicular de semillas de *Lactuca serriola*, lo cual confirma que es fotoblástica positiva. Por otro lado, García (2021) determinó que las semillas de *Capparis spinosa* no necesitan iluminación para su germinación, por consiguiente, es fotoblástica negativa.

En el Perú, Astocondor (2020) determinó que las semillas de la especie *Minthostachys spicata* son favorecidas por la presencia de luz en el proceso de germinación. Por otro lado, la aplicación de ácido giberélico no tuvo un efecto significativo en la germinación de dicha especie. Por otro lado, Cruz (2019) determinó para la especie *Chenopodium canihua* Cook “cañihua” un 94% de porcentaje de germinación en condiciones de oscuridad; determinando que dicha especie es fotoblástica negativa.

En este sentido, conocer el comportamiento fisiológico de la semilla contribuiría en el incremento de la producción de este cultivo, beneficiándose toda la cadena productiva involucrada. Es por ello que la presente investigación tuvo como objetivo principal determinar los efectos de interacción entre los tipos luz permanente (LED, fluorescente y oscuridad) con la escarificación a nivel micropilar de las semillas (escarificadas y sin escarificar) en los porcentajes de germinación. Asimismo, como objetivos específicos, determinar cuáles son los tratamientos en la cuales se obtendrán mayores porcentajes de germinación en las semillas del maracuyá, evaluar si la interacción entre del tipo de luz y el tipo de semilla influye en el proceso de germinación de las semillas de maracuyá y evaluar si la escarificación micropilar incrementará de manera significativa los porcentajes de germinación de las semillas del maracuyá.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Se realizaron estudios sobre la influencia de la luz en el proceso germinativo. Estas investigaciones abarcan una diversidad de especies vegetales silvestres y cultivadas. Además, algunos investigadores han analizado otros factores adicionales a la intensidad lumínica como la temperatura, la humedad relativa, entre otros. Asimismo, de la forma cómo interactúan dichos factores e influyen en el proceso de germinación de las semillas.

2.1.1 Antecedentes internacionales

Se destacan diversos estudios realizados en países como Estados Unidos, Brasil, Australia, entre otros.

Silva et al. (2021), estudiaron el efecto de los tipos de luz en semillas de *Mentha spp* y determinaron que la especie es fotoblástica positiva y que tiene preferencia por la luz amarilla, lo que la hace preferencial para la germinación y que “los mejores resultados de índice de velocidad de germinación y media tiempo de germinación se obtuvieron en presencia de luz azul y naranja, respectivamente”.

García (2021), determinó que las semillas de *Capparis spinosa* L. “alcaparra” no necesitan iluminación para su germinación y que la reducción del espectro de la iluminación aplicada a las semillas reduce el porcentaje de germinación.

Wu et al. 2020 encontraron el efecto positivo de intensidad lumínica en el proceso de la emergencia radicular de semillas de *Lactuca serriola* L. conocidos como “lechugaespinosa”. Esto confirma que dicha especie es fotoblástica positiva.

Carvalho et al. 2020 determinaron que el mayor porcentaje de germinación y el crecimiento inicial de las plántulas en la especie forestal *Swietenia macrophylla* “caoba” se produjeron a temperatura constante de 29 °C bajo 24h de luz. Esto indica que es una especie de clima tropical. Pero, determinaron también que temperaturas mayores a 40°C disminuyen el proceso germinativo.

Da Silva et al. (2020), concluyeron que la especie *Macroptilium lathyroides* son fotoblásticas positivas “preferidas” debido a que sus semillas germinan tanto en presencia como en ausencia de luz.

Niño-Hernández et al. (2020) determinaron que las semillas de *Amaranthus hybridus* L poseen un comportamiento fotoblástico negativo. El nivel de profundidad adecuado de siembra 10 a 30 mm del sustrato, que favorecía la emergencia de plántulas, y, a mayores profundidades, la germinación se vio comprometida.

Rodrigues et al. (2019) investigaron el efecto de la interacción de la luz con la presencia de la hormona giberelina en semillas de *Capsicum frutescens* “pimenta-malagueta”. En este estudio verificaron una correlación positiva entre la concentración de giberelinas y la presencia de luz, en el cual concluyeron que el efecto de interacción entre la luminosidad y las giberelinas incrementan los porcentajes de germinación en la especie vegetal mencionada.

Ramos et al. (2018) determinaron el comportamiento favorable de las semillas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. bajo distintas condiciones de luz y temperatura. Asimismo, recomiendan temperaturas constantes de 20 y 30 °C y temperaturas alternas de 20-30 °C en presencia de luz y de 30 °C en ausencia de luz para la prueba de germinación y vigor de las semillas de la especie en estudio.

Hernández-Núñez et al. (2016), determinaron que las semillas de la especie *Borojoa patinoi* Cuatrec “Borojó” son no-fotoblásticas, lo que denota la adaptación de la germinación a distintos ambientes lumínicos.

Delanoy et al. (2006), establecieron algunos tratamientos pregerminativos en especies de *Passiflora* para incrementar la germinación dado la naturaleza física de las semillas de las especies lo cual impide la germinación. En ella concluyen que aplicar la eliminación del punto basal de semillas o remoción del punto basal en semillas pre-remojadas por 48 horas es el método más eficaz para estimular el proceso germinativo.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En el Perú se han realizado algunos estudios de investigación publicados en forma de tesis y artículos científicos.

Astocondor (2020) determinó que las semillas de la especie *Minthostachys spicata* son favorecidas por la presencia de luz en el proceso de germinación y que la aplicación de ácido giberélico no tenía un efecto significativo en la germinación de dicha especie.

Cruz (2019) indica que *Chenopodium canihua* alcanza un 94.19% de germinación en condiciones de oscuridad, por lo que se puede afirmar que dicha especie es fotoblástica negativa. Por su parte, López et al. (2018) determinaron que la luz no tiene un efecto significativo en la germinación de la especie de *Pterocarpus rohrii*.

Riveros (2012) determinó que las semillas de la especie *Passiflora tripartita* var. *mollissima* “tumbo” son fotoblásticas negativas ya que la luz redujo el porcentaje de germinación en los tratamientos establecidos.

Vadillo et al. (2004) determinaron que para las semillas de la especie *Puya raimondii* Harms expuestas a la luz, estas presentaron un alto poder germinativo, por lo que concluyeron que se trataban de semillas fotoblásticas positivas, es decir que requieren luz para germinar. Asimismo, encontraron que temperaturas mayores a 21 °C afectan negativamente el porcentaje de germinación y el índice de velocidad de germinación.

Vílchez (2004) por su parte encontró que la luz no influye en la germinación de la especie forestal *Calycophyllum spruceanum* “capirona”, pero la interacción entre la temperatura y la humedad relativa tuvo efecto en el proceso de germinación. Por lo tanto, la capirona es una especie fotoblástica negativa. Asimismo, considera que el tiempo de almacenamiento es esencial para la obtención de un alto porcentaje de germinación.

Todo lo previamente revisado ha servido de base para interpretar los resultados que se han obtenido en la investigación.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Significado biológico de la luz

La mayoría de los seres vivos están expuestos al sol, cuyo ciclo biológico y las funciones que estos realizan están involucrados con el fotoperiodo o la cantidad de luz que existe durante el día. Es así como los organismos se adaptan a las condiciones de alta o baja luminosidad por medio de mecanismos bioquímicos, fisiológicos o morfológicos complejos que ocurren a nivel de las células.

Así surge la ciencia cronobiología, que estudia los procesos biológicos relacionados con los cambios en el tiempo. En ese sentido se afirma que “una de las funciones centrales de la iluminación con luz artificial consiste en crear y fomentar unas condiciones de luz óptimas” (“Teoría de la iluminación”, s.f.) importante en los procesos biológicos de producción como incubación de huevos fertilizados en granjas avícolas, esterilización de productos de uso médico o alimenticio, en producción de semillas, entre otros.

2.2.2 La luz como factor ambiental en el proceso de germinación

En las plantas, hay importancia especial, ya que su nutrición depende de este factor que permite producir los alimentos que constituyen un sinnúmero de compuestos orgánicos como la glucosa, la sacarosa, entre otros.

En este sentido, Sabater (1977, pp. 10) plantea un caso ilustrativo:

En un día de verano a medio día, o sea, en condiciones de máxima iluminación (unos 100.000 lux), por cada molécula de CO₂ usada como materia prima por la planta se consumen menos 2.000 fotones o unidades elementales de luz. Una tarde nublada (4.000 lux), para usar la misma molécula de CO₂ se consumen sólo 8 fotones. Esto significa que, cuando la iluminación es muy grande, la planta malgasta mucha energía solar, o, de otra forma, la planta no parece prepararse para aprovechar la luz de mucha intensidad. Esto cuestiona, como es lógico, la supuesta superioridad agrícola de regiones soleadas, si por haber más luz no hay más fotosíntesis y considera que fotosíntesis equivale a productividad.

Esto podría interpretarse que en zonas de alta radiación o luminosidad no necesariamente habrá una mayor productividad en ciertos cultivos. Claro está, que en cultivos tropicales de fotosíntesis C₄ esto no se cumple, ya que las plantas de este tipo de fotosíntesis como la caña de azúcar, poseen una mayor eficiencia y productividad en el uso y conversión de la energía lumínica a química (en forma de ATP).

En relación a los procesos de germinación de las semillas, Sabater (1977) señala que el fenómeno fotobiológico está en función a los tipos de longitud de onda que emite un tipo de luz. Para ello precisa (en semillas como la lechuga) que la luz roja de 660 nm es la responsable del incremento de la germinación desde las condiciones de oscuridad a condiciones de luminosidad; asimismo, señala que la luz de 730 nm (que corresponde al infrarrojo) inhibe la germinación (ver Fig. 1).

En ese sentido, Sabater (1977) indica que puede darse un cambio rotundo en semillas que, aunque hayan recibido dosis de luz roja, y que probablemente germinarían un 100%; si estas recibiesen dosis adicionales de luz infrarroja, su porcentaje de germinación disminuirá a un 10% o menos.

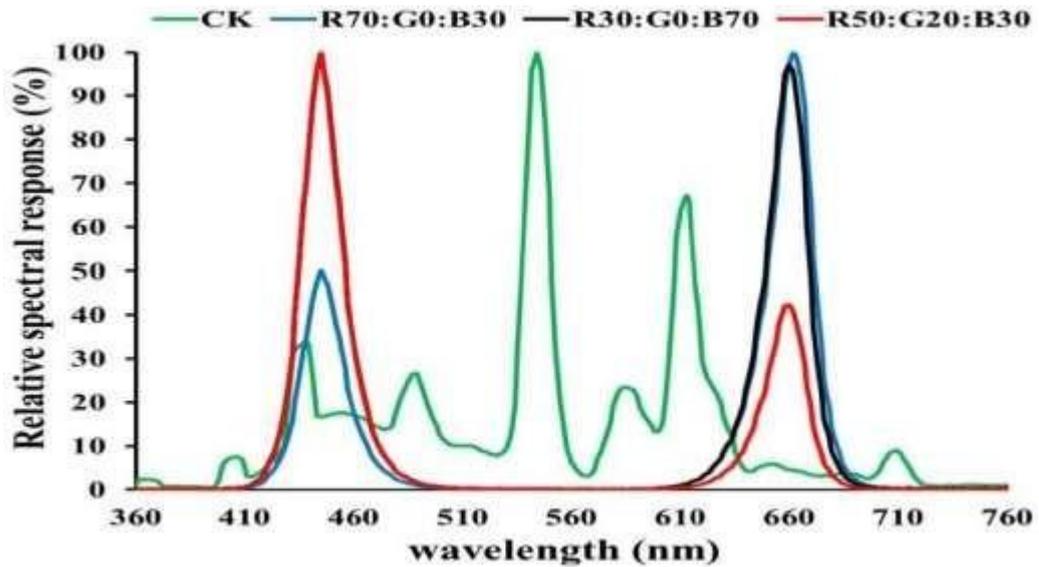


Figura 1: Distribución del espectro de luz tipo LED

Fuente: Liang et al. (2021)

2.2.3 Aspectos generales del maracuyá

a. Origen y clasificación taxonómica

El maracuyá es originario de Brasil, se produce principalmente en: Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Bolivia y Venezuela. También se tiene en Australia, Nueva Zelanda, Hawái, Sur África e Israel (Betancur et al., 2014).

Según Loayza y Pozo (2010), es originario de la región amazónica del Brasil, de donde fue difundida a Australia, pasando luego a Hawái en 1923. En la actualidad se cultiva en Australia, Nueva Guinea, Sri Lanka, Sudáfrica, India, Taiwán, Hawái, Brasil, Perú, Ecuador, Venezuela y en Colombia.

En el mundo el cultivo se inicia en forma importante en los años de 1940 en Australia, es promovido posteriormente en Kenia y Sudáfrica. En la década de 1970 se desarrolla en Brasil y en la de 1980, en Colombia y Ecuador; posteriormente, en la de 1990 en Costa Rica, Venezuela y Perú. (Schweintesiús et al., 1997, como se citó en Jaramillo, Cárdenas y Orozco, 2009).

Según el Sistema de Clasificación Taxonómica de Plantas Angiospermas tomado de la base de datos de Trópicos el cual tiene como referencia a los sistemas de clasificación APG III (2009) y APG IV (2016), la clasificación para el cultivo de maracuyá es la siguiente:

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden: Rosanae Takht.

Orden: Malpighiales Juss. ex Bercht. y J. Presl

Género: *Passiflora*

Especie: *Passiflora edulis fo. flavicarpa O. Deg.*

b. Características botánicas y nutricionales

Cañizares y Jaramillo (2015) describen al cultivo como una planta de hábito trepador provisto de zarcillos axilares y semiperenne (ciclo de vida en promedio de tres años).

- Los tallos son cilíndricos cuando la planta es adulta y ligeramente angulosa cuando es joven.
- Las hojas se disponen de forma alterna, estipuladas subcoriáceas y trilobuladas y con tres nervaduras laterales prominentes. Cerca de la inserción de la lámina el peciolo tiene 2 nectarios o glándulas pequeñas).
- En relación a las flores, son vistosas las cuales atraen a insectos polinizadores (entomófilas). Asimismo, se caracterizan por ser axilares, solitarias, hermafroditas, las cuales tienen pétalos y sépalos amarillentos y los filamentos de la corona finas y onduladas, con la mitad inferior morada y la superior blanca. El androceo y el gineceo se insertan sobre un androginóforo columnar bien desarrollado.
- Los frutos son bayas globosas u ovoides, con la base y el ápice redondeado cada una rodeada de una membrana mucilaginosa (arilo) con jugo aromático.
- Con respecto a la composición nutricional, el fruto está compuesto de 50 a 60 % de cáscara, 30 a 40 % de jugo y de 10 a 15 % de semillas. Además, de vitamina C, los frutos contienen carotenos. El fruto madura cuando ha concentrado los azúcares en su totalidad y ha cambiado su color.



Figura 2: Fases fenológicas de la flor de *Passiflora edulis* f. *edulis*.

A. Fase F0: pre-antesis, botón floral cerrado.

B. Fase F1: flor abriendo, en estado, sin liberación de polen.

C. Fase F2: flor abierta.

D. Fase F3: estigmas recurvados hacia abajo.

E y F. Fase F4: flor senescente, cerrándose (Ángel-Coca et al., 2011).

c. Clasificación del tipo de embrión

Pérez-Cortez et al (2002), consideran como las claves más exitosas utilizadas para la identificación de los taxa con base en características de la semilla que incluyen caracteres como color, forma, tamaño y superficie. Asimismo, señalan que la familia Passifloraceae ha sido clasificada taxonómicamente basándose en caracteres vegetativos y de morfología floral.

Las semillas se caracterizan por ser ariladas poseen un embrión recto y endospermo es carnoso. Asimismo, la superficie externa o testa de la semilla de *P. edulis* se caracteriza por ser finamente reticulada (Deginani, 2012). Según Perez et al. (2022), encontraron que la germinación es epigea en las especies de *Passiflora caerulea*, *P. mooreana* y *P. morifolia*.

El óvulo se caracteriza por ser anátropo es decir que el funículo se encuentra cerca al micrópilo al lado opuesto de la calaza en el cual semillas completamente rodeadas por un arilo de origen funicular que crece en dirección al extremo calazal (Perez et al., 2022).

d. Fenología y propagación

Con respecto a la fenología del maracuyá, Betancur et al. (2014) establecieron dos etapas de desarrollo del cultivo: etapa vegetativa y etapa productiva, las cuales en condiciones óptimas el cultivo puede llegar hasta los 20 meses de vida. Asimismo, indican que la etapa vegetativa inicia con la germinación de la semilla trasplante, siembra, hasta la floración. Tiene una duración de 180 días. Asimismo, la etapa reproductiva inicia con la floración hasta la

formación del fruto. La etapa productiva inicia con la formación del fruto hasta la cosecha. Esta etapa contempla la vida útil del cultivo que está entre dos y tres años; pero si es manejado con las técnicas adecuadas puede llegar hasta cuatro años en producción (ver Fig. 2).

El cultivo del maracuyá se propaga principalmente por la reproducción sexual por semillas. Cañizares y Jaramillo (2015) describen a este tipo de propagación como el método más simple y usado. Como consecuencia se origina una gran variabilidad en el material genético obtenido. Esto debido a la polinización cruzada. Sin embargo, existe un menor riesgo de incompatibilidad por la misma variabilidad. En suma, la reproducción sexual, permite la obtención de plantas más vigorosas que presentan una mayor longevidad con respecto a las especies obtenidas por esquejes. Bautista (2018) afirma que las pasifloras se propagan principalmente por semillas debido a la facilidad técnica de su ejecución y la obtención de plantas más vigorosas. Sin embargo, esta vía de propagación presenta ciertas limitaciones.

No obstante, existen estudios relacionados con la propagación vegetativa del género *Passiflora* mediante el uso de portainjertos el uso de injertos con *Passiflora edulis* como portainjerto para la propagación de especies silvestres de *Passiflora* (como *P. trifoliata* y *P. peduncularis* especies endémicas en Perú) en el cual se señala que en la mayoría de las especies hubo un alto grado de prendimiento y formación de flores y frutos por lo que se señala esta propagación como una de preservación de la biodiversidad para su posterior conservación en bancos de germoplasma del INIA (ex situ) o en zonas de protección de los bosques altoandinos (in situ) la cual lamentablemente está siendo alterado por factores antrópicos principalmente (Chávez et al., 2024).

Existen estudios sobre la micropropagación en especies de *Passiflora* spp. con fines de producción de plantas de uso medicinal: en ese sentido se estudiando qué órganos y/o tejidos de hojas adultas y de plántulas se sintetizan dichos compuestos en mayor abundancia y diversidad para la determinación de la estructura de micropropagación (explantes) con el fin de reducir la carga microbiológica en las etapas tempranas del cultivo. En condiciones de invernadero en las cuales las plántulas son más susceptibles a las plagas y enfermedades tales como virus (virus de la madera del maracuyá, virus latente de la pasiflora, virus del mosaico amarillo del maracuyá, virus del mosaico de la granadilla morada), bacterias (*Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*, *Pseudomonas syringae* pv. *passiflorae*) y hongos (*Fusarium solani*, *F. oxysporum* f. *passiflorae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria passiflorae*, *Colletotrichum gloeosporioides*) por lo que la micropropagación podría ser una buena opción en la producción de plántulas más vigorosas y libre de fitopatógenos (Ozarowski &

Thiema, 2013).

Por otro lado, el maracuyá es una especie diploide ($2n=18$) con flores hermafroditas, pero con un alto grado de autoincompatibilidad (Suassuna et al., 2000, citado por Arias-Suárez et al., 2014), por lo que, a pesar que las flores producen su polen, necesitan el polen de otra flor para que se pueda producir la fecundación. Es decir, en los cultivos de pasifloras predomina la polinización cruzada o alogamia.

2.2.4 Factores que afectan la germinación

Se considera que las semillas del género *Passiflora* son ortodoxas. A pesar de ello, la tolerancia a la deshidratación muestra variaciones entre sus especies (Escobar 2011, Bautista 2018). En ese sentido, Ospina et al. (2000) señalan que las semillas de maracuyá soportan un 11 % de humedad sin que su viabilidad sea afectada. Asimismo, Villela (1998, pp. 5; como se citó en Bautista, 2018) afirma que: “el agua tiene una importancia fundamental en la biología de la semilla, particularmente en los procesos de desarrollo y germinación”. Esto significa que el aporte adecuado de agua permitirá garantizar las condiciones adecuadas de humedad para la activación del proceso de germinación.

La temperatura es otro factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la imbibición (Bewley y Black, 1982; como se citó en Gutiérrez et al., 2011). Por ello, es considerado un factor crucial que afecta la germinación de las semillas tal como lo señalan Belmehdi et al. (2018) quienes llegaron a tal conclusión al estudiar el efecto de la variación de la temperatura y otros factores asociados al proceso de germinación de las semillas de la especie *Origanum elongatum*.

En ese sentido, Guan et al. (2009) mencionan que la temperatura juega un rol importante en la determinación de la periodicidad de la germinación de semillas y por ende en la distribución de las especies vegetales en la superficie terrestre. Por lo tanto, se puede considerar a la temperatura como un factor crucial en el proceso germinativo. Asimismo, la tasa de germinación generalmente aumenta linealmente con la temperatura hasta una temperatura óptima, después de lo cual la tasa de germinación disminuye bruscamente, tal como lo señalaron Ranjbar et al. (2013) y Belmehdi et al. (2018).

No obstante, se pueden diseñar modelos matemáticos para predecir el comportamiento de la semilla de cualquier planta frente a un factor ambiental a evaluar, y en base a ello determinarlas

temperaturas cardinales y el tiempo térmico requerido para la germinación de las semillas de una determinada especie vegetal, tal como Savaedi et al. (2019) lo establecieron para la especie *Nigella sativa*. Incluso dichos modelos permiten el análisis de la interacción entre dos o más variables (como la temperatura, la intensidad lumínica y el nivel de concentración del ácido giberélico en las semillas).

Mattana et al. (2009) determinaron que para la especie forestal *Rhamnus persicifolia*, el máximo porcentaje de germinación (mayor a 70%) la alcanzó bajo temperaturas cálidas (mayor o igual a 20°C). Pero, en especies como *Brassica rapa* subsp. *Chinensis*, *Citrullus lanatus*, *C. maxima* y *Vigna unguiculata*, Motsa et al. (2016) encontraron que dichas especies presentan mayores porcentajes de germinación en temperaturas bajas, por lo que se afirma que estos cultivos sean oriundos de ambientes de clima templado frío de África.

Cabe resaltar que el factor ambiental más determinante en el proceso de germinación no es el mismo en todas las plantas. Esto varía según las características fisiológicas y adaptativas de cada especie vegetal. Por ejemplo, Vicente et al. (2020) demostraron experimentalmente que para la especie *Hypericum ericoides* el principal factor abiótico que regula la germinación es la temperatura.

Por otro lado, la salinidad es considerada como uno de los factores abióticos más importantes que limitan la producción de los cultivos (Koyro, 2006; Belmehdi et al., 2018). Esto se debe a que el exceso de sales tiende a reducir la absorción de agua lo cual afecta varios procesos del metabolismo que conducen a una prolongación de la duración de la germinación de las semillas (Ramin, 2006; Belmehdi et al., 2018).

Existen algunas especies vegetales que pueden germinar en condiciones de alta salinidad como *Lolium perenne* L, que según Javaid et al. (2022) dicha especie puede soportar un amplio rango de salinidad. Además, tiene el potencial de tolerar la salinidad extrema de una concentración de hasta 250 mM de cloruro de sodio (NaCl).

Con respecto al pH, existen reportes de especies con alta capacidad de germinación en condiciones de acidez y alcalinidad. Como ejemplo se tiene a la maleza *Lolium perenne* L demostró no ser afectada por diferentes rangos de pH de 5 a 10, según lo señalado por Javaid et al. (2022) en su investigación.

Con relación a la radiación, Jaffer et al. (2017); señalan que el agua calentada con microondas expuesta durante un tiempo específico mostró un mayor porcentaje de

germinación y una mejor tasa de crecimiento en comparación con el agua normal para el desarrollo de semillas de *Cicer arietinum*, manteniendo las demás variables de control como temperatura, humedad, luz solar y nivel de gases (CO₂, N₂ y O₂) constantes. No obstante, la exposición prolongada a la radiación puede ser perjudicial para la semilla. Esto podría indicar que la radiación (en forma de agua irradiada en microondas) incrementa la velocidad de las reacciones bioquímicas relacionados con la germinación como la respiración celular, el ciclo del glioxilato (en semillas oleaginosas), entre otros procesos metabólicos.

Por otro lado, las condiciones de almacenamiento influyen significativamente en el proceso germinativo. En ese sentido, se recomienda que el proceso de almacenamiento no sea tan prolongado ya que reduce el vigor de las semillas, y por ende el porcentaje de germinación, resultados que encontró Mangena (2021) en semillas de soja. De la misma forma, Gurvich et al. (2021) llegaron a la misma conclusión en semillas de 13 especies de cactáceas en Argentina.

2.2.5 Comportamiento de las semillas frente a la luz

La variación de la intensidad lumínica depende del tipo de longitud de onda, frecuencia, tal como lo afirman Paniagua-Pardo et al. (2015) y del fotoperiodo (Botto, 1998; Nasseret al., 2019), la cual se expresa en unidades llamadas Lux. Además, Botto (1998) señala que la luz es percibida por los fotorreceptores de las células vegetales que están constituidos por los fitocromos. Estas proteínas tienen la posibilidad de captar diferentes longitudes de onda del espectro de luz electromagnético e inducir cambios en la expresión génica y que conducen a activar la germinación (Hartmann et al., 2011; Bewley et al., 2013; como se citaron en Porras et al., 2020).

Manrique (2006) señala que la calidad de luz y diferentes reguladores de crecimiento intervienen en la germinación por la gran cantidad de fotorreceptores de las semillas. Además, Bergareche y Moyseet (1993, como se citó por Marín, 2016), señalan que los fitocromos, tanto en las monocotiledóneas como en dicotiledóneas, se encuentran en mayor abundancia en tejidos jóvenes como los meristemáticos quienes constituyen los tejidos de crecimiento de una planta.

En cuanto a la calidad de la luz Sanoubar, et al. (2018) establecieron que la luz del tipo LED son más eficientes que las del tipo fluorescentes para estimular tanto la germinación de las semillas como el crecimiento de las plántulas.

Nasser (2018) determinó el fotoblastismo positivo de la especie *Bromelia antiacantha*

Bertol, en el cual estableció que, en los tratamientos con mayor tiempo de exposición a la luz, se obtuvieron mayores porcentajes de germinación y plántulas más vigorosas. Por lo que se concluye que la especie se ha originado de ambientes de clima tropical.

El comportamiento frente a la luz varía incluso en cultivares de la misma especie en cuanto al tipo de longitud de onda. Por ejemplo, De Souza et al., 2018 para la especie *Lactuca sativa* determinaron que ambos cultivares (Vitória Verdinha y Lisa) mostraron un comportamiento fotoblástico positivo. El cultivar Vitória Verdinha germinó positivamente en todas las ondas de luz. En cambio, el cultivar Lisa mostró mejores índices de germinación en tratamiento bajo las ondas de luz del tipo transparente y roja. Por lo que el primer cultivar presenta un mayor rango de germinación en relación al espectro de luz. Mattana, et al. (2009), determinaron que la variación de intensidad lumínica no tuvo un efecto significativo en el porcentaje de germinación en la especie *R.persicifolia*.

Debido a su respuesta positiva a la luz, la germinación de *B. rapa* subsp. *chinensis*, *C. lanatus* y *S. retroflexum* se espera que sean óptimas cuando se siembran en o cerca de la superficie del suelo tal como lo señalan Motsa et al. (2016). Por lo tanto, se trataría de especies fotoblásticas positivas.

Del mismo modo, Akbarian et al. (2016), afirman que la calidad de la luz afectó de forma variable las características de crecimiento entre las especies de plantas ornamentales como *Impatiens balsamina*, *Zinnia elegans*, *Petunia × hybrida* y *Verbena aubletia*. Además, concluyen que la luz roja pura produce una mayor emergencia de plántulas.

Por otro lado, a nivel celular y molecular existen proteínas implicadas en el proceso de germinación (regulares a nivel génico). Entre ellas las proteínas más importantes se mencionan la plantacianina (PCY) que actúa como inhibidor de la germinación. Esta es una proteína que posee cobre el cual se encuentra asociada con la vacuola que se expresa en gran medida en semillas maduras y se silencia rápidamente durante la germinación descubierta en las semillas de *Arabidopsis thaliana* (Jiang et al., 2021).

En cuanto a los requerimientos de luz para la germinación, Flores et al. (2017) señalan que, para la germinación, una importante estrategia ecológica de algunas especies está relacionado con la formación de reservas naturales de semillas o banco de semillas del suelo, evento asociado en semillas de especies que presentan un comportamiento de fotoblastismo positivo.

En este proceso intervienen proteínas y fitohormonas como las Giberelinas y el Ácido abscísico (ABA) reguladas por algunos genes. Estos interactúan con diversos tipos de luz siendo la más importante la luz roja. Entre las proteínas mencionadas se incluyen al fitocromo y criptocromo tal como lo afirman Mérai et al. (2019) en trabajos realizados en la especie *Aethionema arabicum*.

Por otro lado, se ha descubierto que la luz interacciona con la temperatura en la germinación de las semillas. Como ejemplo se señalan al estudio que realizaron Waite et al. (2020), en el cual se comprobó el efecto de la interacción entre la luz monocromática y la variación de la temperatura en la ruptura de la dormancia en semillas de una planta acuática llamada *Halophila ovalis*.

En tanto, Jia et al. (2020), observando la interacción entre la temperatura y el fotoperiodo en la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de hortalizas como *Ipomoea aquatica*, *Brassica rapa pekinensis* conocida como “col china Tianjin” y *Chelidonium majus*, determinaron que el tratamiento a condiciones de 25 °C de temperatura y en condiciones de luz de 18 horas/6 horas de oscuridad, las semillas presentaron una mayor tasa de germinación, así como del crecimiento de plántulas.

También es importante destacar algunas diferencias que se puedan presentar la germinación de semillas bajo condiciones de luz (natural y artificial). En ese sentido, en condiciones de laboratorio existen diversos tratamientos que se pueden diseñar bajo la luz LED y luz fluorescente en cámaras de germinación (Sanoubar et al., 2018). Además, la influencia del tipo de luz no es la misma para todas las especies. En ese sentido, Marín (2016), determinó que la luz LED del tipo blanca, azul y roja, no generaron influencia en el porcentaje de germinación en la orquídea *Encyclia sp.*

En relación a lo anterior, Borges (2021), descubrió que las semillas de las especies de palmeras *Areca vestiaria* y *Areca triandra*, en cuanto al estímulo luminoso las clasificó como fotoblásticas neutras, siendo la temperatura el principal factor de influencia en su germinación.

Con respecto al comportamiento de las semillas de la gulupa *Passiflora edulis* f. *edulis* Sims frente a la luz, Melgarejo et al. (2019) obtuvieron altos porcentajes de germinación en condiciones de oscuridad por lo que probablemente se trate de semillas fotoblásticas negativas. Además, este no varía con la aplicación de ácido giberélico (AG3), incluso hubo mayor germinación en tratamientos donde no se aplicaron las fitohormonas.

Se ha determinado que el comportamiento fisiológico que predomina en las especies del género *Passiflora* con respecto a la luz es el fotoblastismo negativo. En el caso de la *Passiflora incarnata* la estimulación de una germinación más rápida se obtienen bajo condiciones de oscuridad y altas temperaturas (Angelini et al. 2021).

2.2.6 La dormancia: tipos y su influencia en el proceso germinativo

Este concepto se relaciona con los mecanismos de sobrevivencia a su ambiente y de adaptación a los cambios que se producen en ella. Existen especies que germinan en ciertas épocas del año y que durante el resto del año permanecen dormantes o latentes.

Entre los factores ambientales que controlan la dormancia se encuentran principalmente la luz, la temperatura, la humedad y la duración del almacenamiento (después de la maduración de la semilla: recalcitrante- intermedia- ortodoxa) (Martínez et al., 2014).

Por ejemplo, las especies de la flora de lomas que en épocas de invierno donde hay mayor humedad y épocas secas no germinan. Otras especies como de climas templados necesitan del frío para estimular la germinación.

Es por ello que en la naturaleza el efecto de la dormancia es preservar las semillas y regular la germinación de manera que coincida con periodos del año en que haya condiciones naturales favorables para la sobrevivencia de las plántulas (ecodormancia) (Hartmann, H. & Kester, 1990).

Con respecto al cultivo o especies agrícolas domesticadas por el hombre, como cereales y hortalizas, el estudio de este fenómeno permite el almacenamiento de las semillas en condiciones similares a su ambiente natural para la conservación de la longevidad para ser usados posteriormente. Cabe recalcar que la conservación de la humedad y temperatura adecuada es importante para mantener la capacidad germinativa de la semilla evitando su germinación (Hartmann, H. & Kester, 1990).

En especies vegetales como *Juglans nigra*, ésta no tiene la capacidad de formar bancos de semillas. Pero, esta afirmación está en duda, ya que existen otros factores ambientales asociados a la dormancia orgánica (endógena y exógena), que pueden impedir la germinación y favorecer la acumulación de semillas de estas especies en su ambiente, siempre y cuando que las semillas puedan conservar la viabilidad durante un tiempo prolongado (Flores et al., 2017).

La dormancia endógena asociada a la fisiología de la semilla como el contenido de humedad

o viabilidad del embrión y; la exógena, relacionado a la naturaleza química de la testa (inhibidores en la cubierta seminal), mecánica (restricción del crecimiento de la radícula), latencia física (testa impermeable) y la presencia del arilo (Copete, 2011; Carbajal et al., 2014).

En ese sentido, Kuhne (1968, citado por Bautista, 2018) señala que el inicio y el término de la germinación de semillas de las pasifloras ocurren de forma irregular en un periodo que puede variar de diez días hasta tres meses. Esto influenciado por el proceso de la dormancia y otros factores asociados.

Algunos estudios señalan que en las especies del género *Passiflora* se han encontrado dormancia del tipo exógena probablemente producto de la interacción de la dormancia mecánica y química (Carranza, 2016; Balaguera et al., 2010). No obstante, existen estudios que han determinado que en semillas comerciales la viabilidad es mayor en comparación a las semillas de variedades locales o silvestres y a las obtenidas de muestras de bancos de germoplasma. Por lo tanto, se puede afirmar que el proceso de domesticación de las especies vegetales podría contribuir en la reducción del periodo de dormancia (latencia) de las semillas. También es importante considerar la morfología de la semilla ya que se ha encontrado que en semillas con mayor cantidad de hoyuelos en las cubiertas estas disminuyen el grosor de la testa y por ende la impermeabilidad lo cual contribuye a mayores porcentajes de germinación (Castillo et al., 2020).

Por otro lado, Delanoy et al. (2006) y Esteves et al. (2009) (citados por Balaguera et al. 2010); concuerdan en que existen pocos registros sobre germinación en el género *Passiflora*. Sin embargo, se ha demostrado que las semillas de algunas especies presentan algún tipo de dormancia tales como: *P. edulis* f. *flavicarpa* Deg. (Alexandre et al. 2004), *P. incarnata* L. (Wehtje et al. 1985), *P. mollissima* (Kunth) L.H. Bailey (La Rosa, 1984) y *P. nitida* Kunth (Passos et al. 2004).

Las semillas de *P. edulis* Sims. f. *flavicarpa* muestran diferentes grados de dormancia, registrando germinaciones en periodos que van desde los 15 hasta los 45 días (Camacaro et al. 2005; citado por Balaguera et al. 2010).

2.2.7 Viabilidad, longevidad y vigor de las semillas

La viabilidad es una propiedad de las semillas que se relaciona con aquellos procesos esenciales para que una semilla pueda germinar. Así, una semilla viable esté viva; esto no asegura que la semilla logre germinar (por ejemplo, si la semilla está inactiva). Dentro de una accesión, el porcentaje de viabilidad es la proporción de semillas que son viables; que es estimado del resultado de una prueba de viabilidad (Hong et al., 1996).

El tiempo de reacción de las semillas varía según los diversos investigadores, de manera general se fundamenta que, a mayor temperatura de la cámara, el número de horas es menor debido a que la temperatura incrementa la velocidad de reacción de oxidación de las enzimas y por lo que el cambio de coloración del tejido es más rápido tal como Vega-Corrales et al. (2022) lo encontraron en semillas de *Passiflora biflora* y *Passiflora adenopoda*. Entre los protocolos desarrollados (según el tipo de especie estudiado) tenemos: 30°C por 18 horas (ISTA-Working Sheets on Tetrazolium Testing, 2003), 35°C por 24 horas (Bautista, 2018), en oscuridad con temperaturas alternadas de 20-30°C durante 16 horas respectivamente (Ferreira et al., 2002). Además, el de Vega-Corrales et al. (2022) quienes desarrollaron una fase de preacondicionamiento de las semillas (en agua) a un rango de temperatura 20-25 °C por un periodo de 24 horas y posteriormente la prueba en tetrazolio al 1 % por 24 horas a una temperatura de 35 °C y el de Costa et al. (2016) en semillas de *P. foetida* var. *glaziovii* encontraron mejores resultados en una combinación concentración-temperatura de 10 g/L de tetrazolio a 30°C durante dos horas en oscuridad. Para determinar la viabilidad de una semilla se realiza una prueba de tinción con la sal de Tetrazolio. Rodríguez et al. (2008) lo definen como un análisis bioquímico basado en las reacciones de oxidación-reducción que se llevan a cabo en las células vivas del embrión u otros tejidos de la semilla cuando entran en contacto con la sal de tetrazolio. Asimismo, se indica que esta prueba se basa en la actividad de las enzimas deshidrogenasas que reducen la sal de tetrazolio en las partes vivas de la semilla y forman el compuesto conocido como trifenilformazan, la cual produce una coloración roja, la cual es indicativo de respiración y viabilidad del embrión (Salazar et al., 2018, pp. 02).

Esta prueba ha sido utilizada para la determinación de la viabilidad de las semillas de varias especies de *Passiflora* tales como: *P. foetida* L., *P. elegans* Mast., *P. edulis* f. *flavicarpa* Deg., *P. ligularis* Juss., *P. setacea* DC., *P. biflora* Lam. y *P. adenopoda* DC. (Vega-Corrales et al., 2022).

Se consideran semillas viables a aquellas que son capaces de transformarse en plántulas aceptables para su posterior trasplante en el campo, suelo o invernadero. Por el contrario, el concepto de no viable serían aquellas semillas totalmente muertas o que pudieran dar lugar a plántulas anormales, que no formarían parte del porcentaje de germinación real y que si se llevasen a campo no darían cosecha (Pérez y Pita, 1999; como se citó por Cancho, 2017).

En el maracuyá, la viabilidad de las semillas declina con el tiempo de almacenamiento, el proceso es lento hasta las 12 semanas. Luego se vuelve más rápido y a los 12 meses, la germinación es muy baja e insatisfactoria, siendo alrededor de 25 %. Manica, 1981 (como se citó por Echeverría, 1997), señala que almacenar las semillas a bajas temperaturas no evita la germinación, pero el porcentaje disminuye significativamente.

Parece ser que las semillas de maracuyá pueden conservar su viabilidad, en frutos conservados a 12.7 °C durante dos meses y la conservación a menor temperatura tiende a hacer que las semillas demoren más en germinar. La congelación del fruto destruye la semilla (Chandler, 1962; como se citó por Echeverría, 1997).

Con respecto a la longevidad, Astocondor (2020), lo define como el periodo en que las semillas van a permanecer aún viables. Se pueden presentar en semillas que germinen luego de decenas o centenas de años, con una cubierta seminal dura.

Uno de los factores importantes de la longevidad de las semillas es su composición química. En general, las semillas oleaginosas poseen una menor longevidad con respecto a las semillas amiláceas. Esto se fundamenta en estudios donde se demuestran que glúcidos específicos como sacarosa y trehalosa desempeñan un rol primordial en la tolerancia a la deshidratación lo cual favorecería su almacenamiento a largo plazo (Pérez-Martínez *et al.*, 2014).

Además, las semillas con mayor contenido de azúcares y proteínas como en las leguminosas expresan un mayor vigor ya que poseen una mayor capacidad de mayor capacidad de movilización de reservas en la germinación, resultando en plántulas con mejor rendimiento inicial. En ese sentido se puede afirmar que: “tanto la capacidad de las semillas para expresar su vigor como el período de almacenamiento de las semillas están influenciados por las reservas contenidas en ellas” (Manhone *et al.* 2024).

Pérez-Cortez *et al.*, (2002), señalaron que de un lote de semillas no dormantes, estas poseen la capacidad de germinar y de originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables. No obstante, Vadillo *et al.* (2004), señalaron que la germinación depende de las

condiciones ambientales a que estuvieron expuestas las semillas in situ manifestados por las características externas de las mismas. Tito (2020), por su parte define a la longevidad como el tiempo de vida de las semillas.

En las semillas, es el tiempo que permanecen viables. La duración de la vida depende de la especie y de las condiciones ambientales en las que las semillas se almacenan. La duración a menudo se califica por el porcentaje de semilla viable al final del período porque los lotes de semillas son poblaciones en las que algunas semillas mueren antes que otras (Hong et al., 1996).

En relación a esta definición, las semillas se han clasificado como ortodoxas, intermedias y recalcitrantes. En las semillas recalcitrantes, la pérdida de humedad y las bajas temperaturas afectan de manera significativa la longevidad y por ende su capacidad germinativa. Es por ello que dichas semillas deben mantener un alto contenido de humedad. Generalmente es tipo de especies son conservados en forma de plántulas. Las semillas de especies recalcitrantes se distribuyen en zonas tropicales húmedas. Dentro de este grupo se encuentran los manglares, árboles de bosques templados y varias especies acuáticas. Además, entre las familias con mayor recalcitrancia en sus semillas se encuentran Meliaceae (ej. caoba) y Lauraceae (ej. palto) con un 96% cada una (Pérez- Martínez et al., 2014).

Las semillas ortodoxas conservan su capacidad de germinación durante largos periodos a bajas temperaturas y humedad relativa para evitar su germinación. Los recalcitrantes no se pueden almacenar por largos periodos, por lo que deben instalarse en campo con antelación con respecto a las semillas ortodoxas. Las intermedias se comportan (ortodoxas o recalcitrantes según las condiciones ambientales preponderantes de vida de la especie.

En ese sentido, Posada et al. (2014); determinaron que las semillas de tres especies cultivadas del género *Passiflora* presentan un comportamiento de tipo ortodoxo. Entre tanto, Passos et al. (2022) determinaron que la variación del tiempo almacenamiento de las semillas de *Passiflora alata* no tuvo un efecto significativo en la variación del porcentaje de germinación en condiciones similares de luz y temperatura.

2.2.8 Tratamientos pre germinativos

Manhone et al. (2024) señalan que “las semillas de maracuyá tienen problemas relacionados con su calidad fisiológica, como la falta de uniformidad en la emergencia de las plántulas, lo que perjudica directamente la formación de las plántulas”. En este contexto es que se han

desarrollado una serie de técnicas para tratar de superar este problema. Entre los métodos más empleados están el remojo de las semillas en agua.

Asimismo, Maciel et al. (2018) han determinado distintos tratamientos pregerminativos más efectivos en las pruebas de germinación entre especies del género *Passiflora*: semillas intactas del "maracuyá amarillo" (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*), semillas escarificadas del "maracuyá morado" (*Passiflora edulis* Sims) y las semillas de "maracuyá dulce" (*Passiflora alata* Curtis) tratadas con ácido giberélico.

Existen algunas semillas de especies, que aún con las condiciones favorables para la germinación, no logran germinar. A esto se le llama dormancia. señalan que una semilla es considerada dormante cuando es incapaz de germinar bajo condiciones favorables (Bautista, 2018; Pallais, 1987, como se citó en Alvarado, 1997).

Una de las estructuras características de las semillas de las pasifloras es el arilo. Es por ello, que el arilo, es definido por Hong et al. (1996), como una cubierta externa de la semilla la cual crece desde el hilio o funículo y que algunas veces aparece como una cubierta pulposa en ciertas especies vegetales; constituye una estructura de conservación de la semilla en el tiempo, y por ende evitaría su germinación (dormancia).

Existen algunos reportes que indican la presencia de compuestos bioactivos del grupo de los metabolitos secundarios los cuales actúan como inhibidores de la germinación. Dentro de grupo se encuentran los compuestos mono y sesquiterpénicos (2,6-dimetil-1,8- octanodiol, geraniol, citronelol), norisoprenoides (dehidrovomifoliol, vomifoliol), ácidos orgánicos (ácido salicílico, ácido vanílico). Además de carotenoides, polifenoles y esteroides tanto en el arilo como en las cubiertas seminales las cuales están siendo estudiadas en el campo de la farmacología por sus propiedades medicinales y valores nutricionales en el campo de la salud (Pereira et al., 2023; Fonseca et al., 2022). Estos estudios son importantes ya que se están investigando métodos de micropropagación de especies de pasifloras (Ozarowski & Thiema, 2013).

En dicho contexto, es muy importante considerar los tratamientos pregerminativos en las semillas de pasifloras como el maracuyá, debido a que estas presentan dormancia mecánica por la naturaleza de la testa (Martínez et al. 2007; como se citó en Copete, 2016). En ese sentido, los tratamientos pregerminativos; según Copete (2016), son indispensables ya que, si no se escarifican las semillas, los porcentajes de germinación podrán ser menores al 10%.

Por ello, se han establecido tratamientos pregerminativos para asegurar de las semillas de especies que presentan algún tipo de dormancia: semillas con testa seminal dura que impiden la entrada de agua, compuestos fenólicos que inhiben la germinación, presencia de compuestos hidrofóbicos, entre otros factores (Cárdenas, 2011).

a. En condiciones de laboratorio

Entre los tratamientos pre germinativos se han encontrados una serie de métodos que permitirán a la semilla que logre salir del estado de dormancia y asegurando así la germinación de una buena cantidad de semillas. Entre los tratamientos pregerminativos que han permitido obtener mayores porcentajes de germinación se encuentran escarificación química con ácido sulfúrico (Ghosh et al., 2017, Mabundza, 2010), hipoclorito de sodio (Brondo-Ricárdez et al., 2020) en semillas de *Capsicum annuum* L.var. *glabriusculum*.

Por otro lado, otros tratamientos acondicionamiento hídrico o remojo en agua (Bautista, 2018) pueden tener un efecto positivo en el porcentaje de germinación. En ese sentido Flores et al. (2020) obtuvieron mejores valores de tiempo medio de germinación, mayor uniformidad germinativa y mayor valor germinativo en tratamientos por inmersión en agua en semillas de *Euterpe precatoria* Mart. (Huasaí). Ortega (2006) no consiguió resultados relevantes en el incremento del porcentaje de germinación en la aplicación de la escarificación mecánica en semillas de *Passiflora rubra*.

Las semillas de las especies del género *Passiflora* como *P. edulis* presentan dormancia del tipo mecánica y química. La primera se refiere a la naturaleza de varias cubiertas seminales, que restringen el crecimiento radicular; la segunda, a la presencia de sustancias químicas en esas estructuras que actuarían como inhibidores del proceso germinativo.

Para esta especie, el Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Brasil (2009) considera como tratamientos pregerminativos tanto el retiro del arilo de las semillas como la germinación de las mismas en condiciones de oscuridad.

No obstante, se han desarrollado otros pretratamientos para superar dicha dormancia. Entre estos tratamientos se encuentran la escarificación (Gutiérrez et al., 2011), los cuales aseguran la entrada de agua y la imbibición de la semilla para activar el proceso de la germinación. Por lo tanto, según lo señalado por Hartman et al. (1990): tanto la escarificación mecánica como química facilitan el rompimiento de la testa impermeable de las semillas. En este contexto, se recomienda tanto al despunte basal (equivalente a la escarificación micropilar) como la punción de la testa como métodos mecánicos efectivos en el incremento del

porcentaje de germinación Gutiérrez et al. (2011), así como en la reducción del tiempo de germinación (Cárdenas, 2011) en semillas de maracuyá y granadilla. Asimismo, Melgarejo et al. (2019), indica que “la emergencia de la radícula ocurre por la parte basal de la semilla, así que este tratamiento facilita la absorción de agua por el embrión.”

Sin embargo, es importante considerar la asepsia de los materiales a usar para evitar la contaminación de la semilla con algún fitopatógeno como hongos, bacterias o protozoarios que infecten y que provoquen la muerte de la semilla.

Otro método interesante es lo señalado por Arévalo (1998) es la escarificación con agua caliente/fría, en el cual señala que, al remojar las semillas en agua caliente/fría, el proceso de imbibición garantiza la activación de la germinación y, además provoca un efecto de ablandamiento de las cubiertas seminales. Además, recomienda la inmersión de las semillas en medio ácido (generalmente ácido sulfúrico) el cual también realiza dicha función.

Asimismo, la aplicación de fitohormonas sintéticas como Ácido giberélico AG3 comerciales es un método bastante eficiente que según Saldívar-Iglesias et al. (2010), incrementan la velocidad de germinación, reduciendo así el periodo germinativo. Además, señalan que la variación de los tiempos en sumergir la semilla en la solución preparada no produce variación en los resultados del porcentaje de germinación. Asimismo, Passos et al. (2003) determinaron el efecto significativo positivo del ácido giberélico en el incremento de la germinación con respecto al testigo y de la propuesta como un método de la superación de la dormancia en semillas de *Passiflora nitida*.

Por otro lado, Posada et al. (2014) sugieren realizar algunos tratamientos pregerminativos de las semillas de las especies de Pasifloras, esto debido a que presentan una cubierta externa llamada arilo, la cual evita la imbibición de la semilla. (ver Fig. 3). En ese sentido Passos et al. (2004), determinaron que no hubo diferencias significativas en la germinación con o sin régimen de luz de semillas de *Passiflora nitida*. Asimismo, el ácido giberélico tiene un efecto significativo en el incremento del porcentaje de germinación de semillas. Además, verificaron si la inmersión en agua y/o si el proceso de descontaminación podría ser responsable en la viabilidad de las semillas de *P. nitida*. Mattana et al. (2009) señalan que el preenfriamiento no aumenta el porcentaje de germinación. Sin embargo, sí tienen efectos positivos en la tasa de germinación en la especie *Rhamnus persicifolia*.



Figura 3: Vista de las semillas del maracuyá

a) con arilo y b) sin arilo

Fuente: De Araujo et al. (2012)

b. Presiembra en condiciones de invernadero

En condiciones de vivero e invernadero, se han realizado algunos estudios sobre tratamientos pre germinativos a las semillas de *Passiflora quadrangularis* L. como la aplicación de fitorreguladores de crecimiento o fitohormonas (ácido giberélico, ácido indolbutírico, zeatina, ethephon y KNO_3 .) a diferentes concentraciones para la evaluación del efecto en la disminución del tiempo medio de germinación y el aumento de la velocidad de germinación encontrado resultados favorables en algunos tratamientos por lo que estos estudios podrían contribuir al a mejorar la eficiencia de los procesos de reproducción sexual desarrollados por los viveristas (Carranza et al., 2016)

Además, se reporta algunos tratamientos de presiembra para el suelo y mezclas de suelo, lo que se conoce como sustratos. Entre los tratamientos se encuentran el tratamiento con calor, llamado también pasteurización, en el cual el sustrato es calentado con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de patógenos como bacterias, hongos, nematodos e insectos y la mayoría de semillas de malezas. Existe otro tratamiento llamado fumigación con sustancias químicas el cual es menos usado últimamente dado a que ciertos productos químicos (fungicidas) son altamente tóxicas a la salud de las personas como la cloropicrina y el bromuro de etilo. La calidad del agua es un factor importante también en la germinación de semillas y el cultivo de plántulas. Para ello, es importante el monitoreo de la salinidad del agua de riego para evitar problemas de quemaduras de plántulas daños a nivel del embrión (Hartman & Kester, 1990).

c. Cultivo de plántulas

Una vez que han germinado las semillas y se han trasplantado las plántulas, el objetivo principal es la producción de plantas vigorosas capaces de poder desarrollar frutos y semillas de calidad. EL procedimiento más común es el control de los factores ambientales de luz y temperatura. Generalmente, a bajas temperaturas (10°C o menos) y exponerlas a óptimas condiciones de luminosidad. Una vez que el sistema radical se ha desarrollado lo suficientemente adecuado para la absorción de agua, se puede programar el riego de tal manera que el medio se conserve algo seco en la superficie, pero húmedo la parte inferior (Hartman & Kester, 1990).

Según Dos Santos Silva *et al.* (2022) los parámetros físicos considerados en la producción de plántulas de calidad en los viveros se encuentran la altura cuyo tamaño referencial para el trasplante en campo definitivo debe ser de 30 cm. A su vez consideran otros parámetros físicos como el número promedio de 10 hojas, 4 mm de diámetro de tallo, un valor de 38 en el índice SPAD y un área foliar de 300 centímetros cuadrados. Asimismo, proponen un modelo no destructivo que permite la evaluación de la calidad de las plántulas: Índice de calidad de plántulas (IQM), debido a que el modelo del Índice de Calidad de Dickson (DQI) considera el contenido de materia seca de la parte aérea y del sistema radicular y por ende destructivo. El área foliar es una de las características más importantes para el establecimiento y desarrollo de cualquier cultivo, debido a que es el responsable del área fotosintéticamente activa de la plántula, la cual determina el crecimiento de la plántula tanto en altura como en diámetro del tallo medido a nivel del cuello.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Arilo**

Se refiere a la cubierta exterior de una semilla de ciertas especies vegetales. Según Flores (2006), esta estructura causa la dificultad de extraer la semilla de forma limpia y rápida. Además, se menciona que esta estructura en las semillas de las Passifloraceae presenta dos membranas o sacos: uno que contiene las dos terceras partes del jugo y el otro interno que retiene la tercera parte del restante.

- **Escarificación mecánica**

Corresponde a una técnica en la cual la semilla se corta, se perfora, se lima o se lija para mejorar la permeabilidad a la humedad y los gases. (ISTA, 2021).

- **Fotoblásticas positivas**

Las semillas son fotoblásticas positivas son aquellas requieren luz para su germinación. Hay muchas semillas insensibles a la luz, llamadas indiferentes (Roa, 2017).

- **Fotoblásticas negativas**

Son las inhibidas por la luz, por lo que no germinan con luminosidad o el porcentaje de germinación es muy bajo (Roa, 2017).

- **Germinación agronómica**

Se considera la evaluación en el estado de plántulas. Esto es importante ya que permite describir las características de una plántula normal.

Según Castro et *al.* (2009), se considera como plántula normal a aquella que crece a un tamaño de 3 a 5 cm de altura. Asimismo, Castro et *al.* (2009) señalan que cuando una plántula alcance un tamaño de 15 a 25 cm (o hasta 30 cm), se realizará el trasplante a campo definitivo.

- **Germinación fisiológica**

En relación a la germinación fisiológica, se considera a aquella semilla que tenga una longitud radicular mayor o igual a 2 mm (Sanoubar et *al.*, 2018). Para el caso de las Pasifloráceas Bautista (2018) señala a aquellas que han alcanzado una longitud radicularde por lo menos de 1 mm.

- **Gráficas de germinación acumulada por intervalos de tiempo**

Muestran la máxima capacidad de germinación y el tiempo (día) en que se alcanza, la forma en que se incrementa la germinación, y su tiempo de inicio. Pero carece de parámetros precisos de comparación (González-Zertuche y Orozco-Segovia,1996).

- **Longevidad**

Es el periodo en que las semillas van a permanecer aún viables. Se pueden presentar en semillas que germinen luego de decenas o centenas de años, con una cubierta seminal dura (Astocondor, 2020). En las semillas, es el tiempo que permanecen viables. La duración de la vida depende de la especie y de las condiciones ambientales en las que las semillas se almacenan. La duración a menudo se califica por el porcentaje de semilla viable al final del período porque los lotes de semillas son poblaciones en las que algunas semillas mueren antes que otras (Hong et *al.*, 1996).

- **Plántulas con infección primaria**

En el caso de plántulas con infección primaria, las semillas probablemente son sido infectados dentro de los frutos y con las condiciones favorables de humedad y temperatura expresan su crecimiento y desarrollo mediante una esporulación característica. En este caso, el daño al tejido es interno y se originó desde el ápice de la raíz o de los cotiledones.

- **Plántulas con infección secundaria**

En el caso de una infección secundaria la fuente de inóculo no se origina dentro de la semilla sino de restos de las membranas internas del arilo, restos del tejido endospermico de los cotiledones las cuales no se retiraron a tiempo y que con la humedad y temperatura favorables del ambiente se diseminan pudiendo contaminar a otras semillas.

- **Plántula normal**

Según el International Seed Testing Association (ISTA, 2016) son aquellas plántulas que “muestran potencial de desarrollo continuo en plantas satisfactorias cuando se cultivan en tierra de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz”. Dentro de este grupo de plántulas se incluyen tres categorías: plántulas intactas, plántulas con defectos leves y plántulas con infección secundaria.

- **Porcentaje de germinación**

Corresponde al número de semillas germinadas dentro de una prueba de germinación (Giménez et al., 2017).

- **Prueba de germinación**

Llamado también Test de emergencia de radícula o prueba de germinación fisiológica, permite obtener información temprana acerca del recuento final de plántulas normales (Astocondor, 2020). Esta prueba permite conocer la proyección de la cantidad de semillas para la producción de un área determinada y así asegurar una alta densidad de plantación en campo.

- **Prueba de Tetrazolio**

Rodríguez et al. (2008) lo definen como un análisis bioquímico basado en las reacciones de oxidación-reducción que se llevan a cabo en las células vivas del embrión u otros tejidos de la semilla cuando entran en contacto con la sal de tetrazolio. Esta prueba generalmente se determina con sal de tetrazolio (2,3,5-trifenil cloruro de tetrazolio), la cual se basa en la actividad de las enzimas deshidrogenasas. Estas enzimas, particularmente las

deshidrogenasas del ácido málico reducen la sal de tetrazolio en los tejidos vivos a trifenilformazan (compuesto rojo, estable y no difusible) según lo señalado por França *et al.*, 1998 (como se citó en Gutiérrez y Cárdenas, 2011).

Es considerado una prueba topográfica ya que se tiñen ciertas regiones de la semilla, es decir, algunos tejidos vivos reducirán a las sales por medio de la actividad enzimática mitocondrial de las células. Este hecho puede ser utilizado para estimar el grado de actividad metabólica de los tejidos embrionarios y por tanto de su viabilidad. Además, puede realizarse rápidamente y no requiere de un equipamiento muy sofisticado (García y Villamil, 2001).

- **Radícula**

Según el ISTA (2016), hace referencia a la raíz rudimentaria del embrión, que se convierte en la raíz primaria después de la emergencia a través del tegumento de la semilla durante la germinación.

- **Semillas ortodoxas**

Se consideran a aquellas semillas enteras maduras que sobreviven considerablemente a la desecación (hasta al menos un 5% de contenido de humedad), pero su longevidad en el almacenamiento de secado al aire aumenta de manera predecible mediante la reducción del almacenamiento de semillas contenido de humedad y temperatura (Hong *et al.*, 1996).

- **Semillas recalcitrantes**

Se consideran a aquellas semillas enteras maduras que no pueden tolerar más que una cantidad limitada de desecación, por ejemplo, al contenido de humedad en equilibrio a 20°C con aproximadamente 96-98% de humedad relativa o un agua de siembra potencial de alrededor de -1.5 a -5 MPa (Hong *et al.*, 1996).

- **Vigor**

Se define como la capacidad de germinar y desarrollar plántulas sanas. Este concepto se enmarca generalmente para lotes de semillas por lo que el estudio o ensayo de tecnología justamente radica en el análisis de un grupo de semillas de un cultivar o variedad. Además, el vigor de un lote de semillas está determinado por la interacción de una serie de factores como la constitución genética, condiciones ambientales, grado de madurez fisiológica de la semilla, grado de deterioro y envejecimiento y la integridad mecánica, contaminación por fitopatógenos, entre otros factores los cuales determinarán que una semilla germine y origine plántula normal (García y Villamil, 2001).

III. METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se realizó en el Laboratorio de Semillas “Miguel Paullette del Campo” del Departamento Académico de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina y en el Laboratorio Nacional de Investigación en Semillas (LANIS) del Instituto Nacional de Innovación Agraria- (INIA), ambos localizados en departamento de Lima y distrito de La Molina cuyas coordenadas geográficas corresponden a una Latitud: 12°; 04' 54.92' Sur y una Longitud: 16°; 56' 37.83' Oeste.

La investigación abarcó el estudio de la calidad de las semillas cuya variable respuesta fue el porcentaje de germinación en base a los factores establecidos (los tipos de luz y semillas con y sin escarificación micropilar) y de su correlación con la viabilidad de las semillas.

3.2. ESTABLECIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS DE ESTUDIO

Los tratamientos se establecieron según Arreglo Factorial (3*2) bajo un Diseño completamente al Azar (DCA). Los factores de estudio fueron el tipo de luz (LED, fluorescente y sin luz) y el tipo de semilla (semillas escarificadas y no escarificadas).

Tabla 1: Tratamientos de las pruebas de germinación

TRATAMIENTO	FACTORES DE ESTUDIO		REPETICIÓN	NÚMERO DE SEMILLAS	TOTAL
	Tipo de luz	Tipo de semillas en función a la escarificación			
T1	LED	semillas con escarificación micropilar	4	100	400
T2	LED	semillas sin escarificación micropilar	4	100	400
T3	Fluorescente	semillas con escarificación micropilar	4	100	400
T4	Fluorescente	semillas sin escarificación micropilar	4	100	400
T5	Sin luz	semillas con escarificación micropilar	4	100	400
T6	Sin luz	semillas sin escarificación micropilar	4	100	400

Asimismo, la unidad de análisis fue representado por 100 semillas de maracuyá y la variable respuesta fue el porcentaje de germinación de las semillas por tratamiento.

3.3. PROTOCOLO DE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó según el siguiente esquema presentado:

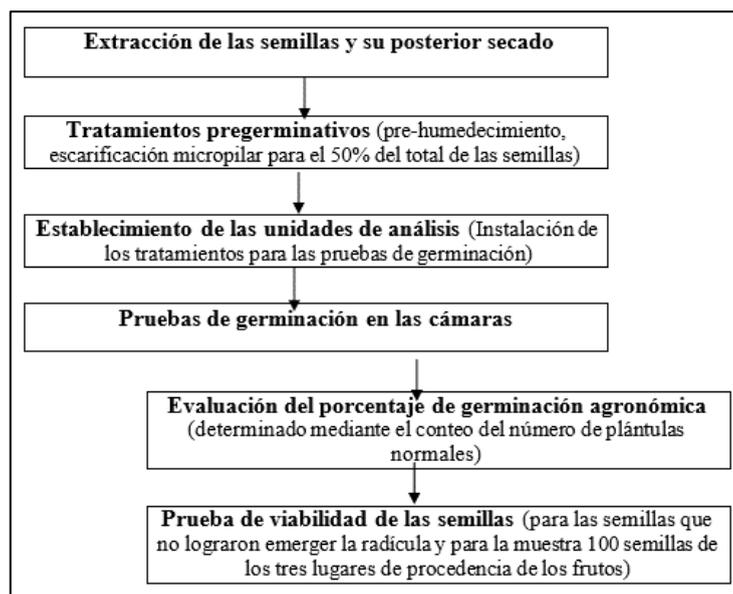


Figura 4: Flujograma general de la metodología de estudio

3.3.1 Extracción de las semillas del fruto y su posterior secado

Los frutos fueron obtenidos del Centro Experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de La Molina, de un biohuerto de la localidad de Zapallal del distrito de Puente Piedra y del centro de abastos Huamantanga también del distrito de Puente Piedra. Los frutos obtenidos tanto del centro experimental del INIA como del biohuerto de Zapallal fueron en estado de madurez comercial o de cosecha con la coloración amarilla característica de los frutos maduros, del mismo modo, los frutos comprados del centro de abastos Huamantanga. Las semillas provenientes de diferentes lotes no se mezclaron por lo que se utilizaron las semillas obtenidas de los tres lugares por separado.

El peso de los frutos fue obtenido con ayuda de una balanza analítica, luego se extrajeron las semillas para su posterior lavado y secado. Las semillas extraídas fueron colocadas en placas Petri previamente rotuladas.

Posteriormente, las semillas se conservaron en agua a una temperatura de 10°C por un tiempo de 24 horas según la metodología de Hechenleitner et al. (2005); como se citó en

Balaguera et al. (2010), en semillas de *Passiflora pinnatistipula* para facilitar el proceso de eliminación del arilo. Esta estructura permite que la semilla se mantenga dormante por lo que dificulta el proceso de germinación.

Posteriormente, se colocaron en un recipiente con arena gruesa para causar fricción y así facilitar el desprendimiento del arilo, en ese sentido las semillas mezcladas con arena se colocaron en un colador y con agua corriente se friccionaron para provocar el desprendimiento del arilo. Las semillas obtenidas fueron expuestas al aire libre para su posterior secado. El tiempo de secado se realizó al aire por un tiempo de 30 a 60 minutos. Dado que la semilla es ortodoxa y que el contenido inicial de la humedad es del 11% (Ospina et al. 2000). Este valor puede variar como lo encontrado por Manhone et al. (2024) determinando en un 8% el contenido de humedad inicial. Asimismo, Castillo et al. (2020) determinaron que el contenido de agua en semillas de *Passiflora edulis* Sims f. *edulis* puede variar entre el 10 y el 13%. Marciel et al. (2018) secaron las semillas hasta alcanzar los niveles de humedad entre el 10 al 12%.

Finalmente, se contabilizaron el número de semillas por cada fruto para la instalación de los tratamientos. Además, se registraron el tamaño de 10 semillas por fruto para la caracterización morfométrica de los frutos y semillas por lugar de procedencia (INIA, biohuerto Zapallal y el centro de abastos Huamantanga) (ver Fig. 5).



Figura 5: Procedimientos para la instalación de los tratamientos.

Extracción de las semillas(a), conservación de las semillas con arilo por 24 horas (b), retiro de las cubiertas del arilo (c), secado de las semillas (d), y conteo de las semillas por unidad de análisis y tratamiento (e) y (f).

3.3.2 Tratamientos pre - germinativos (escarificación micropilar)

Según el Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009), consideran como tratamientos pregerminativos para semillas de *Passiflora edulis* tanto el retiro del arilo como la germinación en condiciones de oscuridad.

En ese sentido, a las semillas previamente humedecidas se les realizaron pequeños cortes transversales (que correspondió al 50% del total de semillas equivalente a 1200 semillas) cerca del micrópilo (tipo de escarificación mecánica) de la semilla para facilitar la salida de la radícula. Para ello se utilizaron bisturí, pinza, cortaúñas y un estereoscopio (ver Fig.6).

El proceso de remojo o de imbibición de las semillas se realizaron mediante el humedecimiento del papel toalla con el fin de asegurar la activación del proceso germinativo. Cabe indicar que debido a la naturaleza impermeable de las cubiertas seminales del género *Passiflora*, es crucial el nivel adecuado de humedad en el medio donde se realiza el ensayo de germinación.

En ese sentido, el contenido de agua en la semilla con valores menores al 40 o 60 % (conbase al peso fresco) no se efectúa la germinación. Asimismo, las semillas secas tienen una gran capacidad de absorción de agua durante la imbibición. Por ende, es importante manejar adecuadamente el periodo del secado de las semillas (Hartman & Kester, 1990).

Es importante tener en cuenta el nivel de tolerancia de la semilla en función a la pérdida de humedad, que, en caso de semillas de pasifloras, soportan hasta un 11 % de pérdida humedad sin que su viabilidad sea afectada según (Ospina et al., 2000).

En consiguiente, la especie *Passiflora edulis* var *flavicarpa* es considerado una especie ortodoxa (Escobar, 2011; Bautista, 2018). Por ello se considera que la variación del tiempo de almacenamiento de la semilla no afectará significativamente la longevidad de un lote de semilla. Además, el almacenamiento en condiciones frías es indispensable en el mantenimiento de la humedad ya que permite mantener la longevidad de la semilla, reduciendo la tasa metabólica de la respiración.

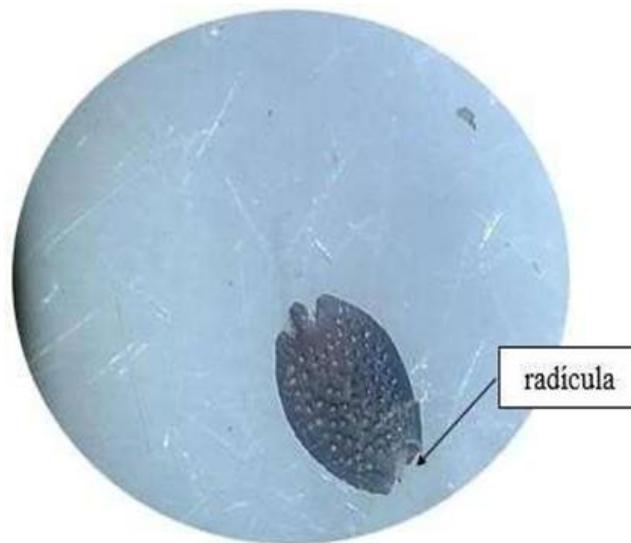


Figura 6: Detalle del corte transversal a nivel de zona micropilar
(zona basal) Estereoscopio 40 X

3.3.3 Establecimiento de las unidades de análisis

El Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009), recomienda para las pruebas de germinación los métodos de entre papel (EP) y sobre papel (SP). Se aplicó el Método Entre Papeles (BP; Between paper), el cual consiste en la germinación de las semillas entre dos capas de papel. Asimismo, recomienda que el periodo de evaluación de germinación se realice desde los 7 hasta los 28 días después de la siembra (dds).

En ese sentido el ISTA (2016) indica cubrir ligeramente las semillas con una doble capa de papel de filtro (interfoliado) por lo que las semillas fueron colocadas en toallas de papel enrollados para ser colocados dentro de las bolsas de plástico de manera vertical dentro de los táperes cuando entren a las cámaras de germinación. Posteriormente, se aplicaron riegos ligeros entre cada tres a cuatro días para mantener la humedad del papely así promover la germinación de la semilla.

En cada rollo de papel interfoliado se colocaron 100 semillas, la cual representa la unidadde análisis del presente estudio. Estas se dividieron en dos grupos de 50 semillas ya que el exceso de semillas hubiera impedido un desarrollo adecuado de las plántulas. Asimismo, se colocaron en bolsas de polietileno para conservar por mayor tiempo la humedad. Posteriormente, se colocaron en táperes para su traslado a las cámaras de germinación. (ver Fig. 7). Después de una semana se procedió la verificación del númerode semillas que lograron emerger.

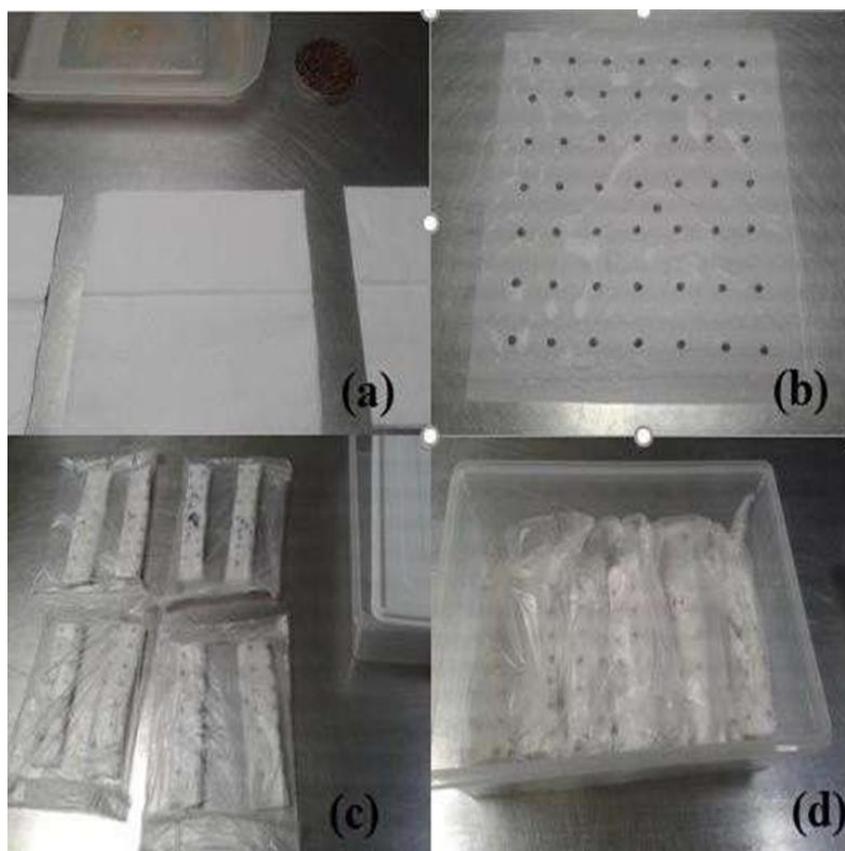


Figura 7: Establecimiento de las unidades de análisis.

Doble capa de papel interfoliado (a), conteo de 100 semillas por repetición (b), división de 100 semillas en dos grupos de 50 semillas (c), distribución de las unidades de análisis para su posterior traslado hacia las cámaras de germinación (d).

3.3.4 Pruebas de germinación en las cámaras de luz

Los tratamientos se diseñaron en base a los tipos de luz (LED, fluorescente y oscuridad) y al tipo de semillas (con y sin escarificación micropilar). Se realizaron entre 3 a 4 evaluaciones por tratamiento durante 28 días. En algunos casos, la evaluación se extendió debido a que periodo de germinación de la semilla fue prolongado y lento. En varios tratamientos el 50% de la germinación total de semillas se alcanzaron después de los 28 días. Estas fueron realizados a una misma temperatura de 25°C o dentro del rango óptimo de 20 a 30°C para *Passiflora edulis* dentro de las cámaras de germinación (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009). Además, se recomienda cinco horas de luz como mínimo por día para estimular la germinación de las semillas en las pasifloras (Castro et al., 2009).

Cabe señalar que los tratamientos bajo luz LED se llevaron en las instalaciones del Laboratorio Nacional de Investigación en Semillas (LANIS) del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en una sala de germinación (sala seca) con sensores (data loggers) que registraron temperaturas de 25.5 °C (out) y 25.9 °C (in) y humedad relativa de

32%. Asimismo, el fotoperiodo observado fue de 12 horas luz/12 horas oscuridad. Los tratamientos bajo oscuridad también se realizaron en este mismo ambiente, no obstante, estas fueron recubiertos con dos capas de plástico de cloro negro (ver Fig. 9).

En el caso de los tratamientos bajo luz fluorescente, estas fueron instaladas en el Laboratorio Miguel Paullette del Campo de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) bajo una cámara de germinación acondicionado con un foco fluorescente de 100 watt y se colocó un termómetro de máximas y mínimas para el registro de la temperatura interdiaria durante el periodo del ensayo. El fotoperiodo fue de 24 horas. Los tratamientos bajo luz LED y oscuridad fueron los primeros que se instalaron y evaluados. Posteriormente, fueron los tratamientos bajo luz fluorescente. Por otro lado, el riego de las semillas fue interdiario para todos los tratamientos (ver Fig. 8).

Las determinaciones de plántulas normales se definieron en base a las normas estándar establecidas en Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas (2016) así como del Handbook on Seedling Evaluation (2018) ambos pertenecientes al ISTA.

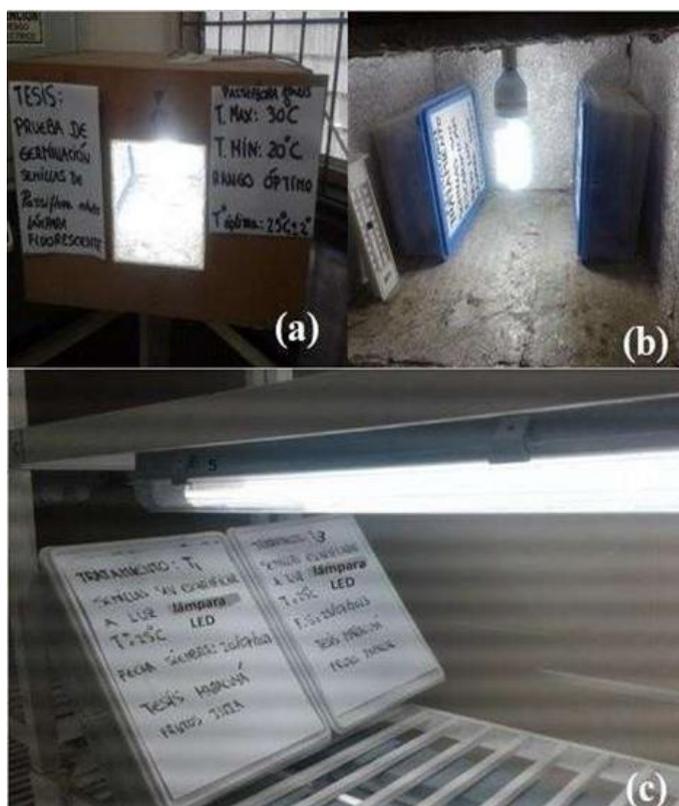


Figura 8: Tratamientos en las cámaras de germinación.
Lámparas de luz tipo fluorescente (a) y (b). Lámparas de luz tipo LED (c).



Figura 9: Tratamientos en oscuridad (a) y (b), plántulas desarrolladas en condiciones de oscuridad colocados posteriormente en ambientes con presencia de luz (c)

3.3.5 Evaluación del porcentaje de germinación agronómica

Las evaluaciones de los tratamientos se realizaron después de los 7 días según lo señalado por el Ministerio de la Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (2009) mediante la Regrade Análise de Sementes (RAS) de manera interdiaria. La evaluación de la calidad fisiológica de las semillas del maracuyá estuvo en función a análisis del porcentaje de germinación y de viabilidad de los lotes de semillas en función a los tratamientos establecidos así como del análisis de la correlación entre las variables de estudio mencionadas.

Se consideraron como semillas germinadas a aquellas que lograron formar plántulas normales (germinación agronómica) tal como lo señalado por Rodríguez et al. (2008), quienes afirman que una semilla ha germinado cuando a partir de ella se origina una plántula adulta capaz de llegar a la etapa reproductiva, de producir nuevas semillas. No se tomó en cuenta la germinación fisiológica en la determinación del porcentaje de germinación de los tratamientos (ver Fig. 9).

Las plántulas normales se determinaron por las condiciones óptimas de desarrollo mediante la evaluación de caracteres cualitativos tanto morfológicos como fisiológicos de los cotiledones, hipocótilo y de la raíz (color de cotiledones, ausencia de podrición) definidas en el Handbook on Seedling Evaluation del ISTA (2016). Cabe señalar que el ISTA no tiene definido la descripción de los caracteres de una plántula normal para las pasifloráceas, por lo que se utilizó la descripción de los caracteres de una plántula normal estándar. Para la determinación de los porcentajes de germinación se tomaron como referencia el número de plántulas normales obtenidos en los tratamientos.

En el caso de las plántulas con algún tipo de deficiencia morfológica o fisiológica se consideraron plántulas anormales. Se consideraron como plántulas anormales a aquellas que presentaron algún tipo de anomalía del tipo morfológico debido a un daño producido por un fitopatógeno o definido por el vigor expresado por la calidad semilla. En el caso de semillas muertas se consideraron a aquellas semillas contaminadas e infestadas por algún fitopatógeno que haya causado algún tipo de daño (síntoma) desarrollando alguna estructura que evidencie su presencia en la semilla (signo).

Asimismo, como semillas duras a aquellas que no lograron emerger la radícula y que no presentaron daño por infección fúngica a nivel de su testa. En tanto, no lograron germinar por las condiciones no favorables de humedad, temperatura o debido a un factor endógeno propio de la semilla. Para determinar si dichas semillas estaban vivas o muertas se les realizaron pruebas de viabilidad para verificación del estado del embrión (vivo o muerto). Los datos obtenidos fueron procesados con los programas estadístico Excel (2016) e Infostat (2020) mediante el Análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de Duncan para el análisis e interpretación de los resultados.



Figura 10: Tipos de germinación según el análisis del investigador

3.3.6 Prueba de viabilidad de las semillas

La prueba de prueba de viabilidad se determinó con sal de tetrazolio. Se realizó para las semillas que no lograron germinar durante la prueba de germinación y para evaluar la longevidad de las semillas en función a los lugares de procedencia de los frutos. Los datos obtenidos fueron correlacionados con los porcentajes de germinación de los tratamientos.

Para esta prueba, se tomó como muestra representativa una cantidad de 25 semillas por repetición según Costa et al. (2016). Para ello se realizaron cuatro ensayos de los lugares de procedencia (Zapallal- Puente Piedra, INIA-La Molina y del centro de abastos Huamantanga- Puente Piedra).

Se adaptaron las indicaciones del protocolo del ISTA (2016) para *Passiflora edulis* usando como pretratamiento el pre-humedecimiento de las semillas en por el método entrepapel por un periodo de 4 a 5 días. Aquellas que lograron emerger la radícula se consideraron como viables. Este pretratamiento permitió el ablandamiento de las cubiertas seminales para facilitar los cortes. Dichos cortes se realizaron de forma longitudinal con un bisturí entre las dos capas del tegumento y de forma periférica (alrededor de las cubiertas seminales) con ayuda de un cortaúñas para obtener los embriones.

Los embriones con el tejido endospermico obtenidos fueron colocados en placas Petri en papel humedecido con agua destilada. Luego de haber obtenido la cantidad necesaria de embriones, estos fueron colocados en un beaker cubierto con papel kraft en el cual se les añadió la solución de tetrazolio al 1%. Luego fueron cubiertos con papel kraft. Posteriormente estas fueron llevadas a la cámara de germinación por 18 horas a temperatura de 30°C (ISTA-Working Sheets on Tetrazolium Testing, 2003) (ver Fig. 11).

Para la evaluación se examinaron los patrones de coloración tanto del embrión como de la radícula, que según las indicaciones del ISTA (2003) a través del Working Sheets on Tetrazolium Testing, señalan que el tejido no viable se determina desde la mitad de la radícula medida desde la punta y un 1/3 de la parte del extremo distal del cotiledón. En este sentido se tomaron en cuenta la tonalidad o grado de tinción del área teñida de las estructuras (embrión, radícula, cotiledones) (ver Figs. 12 y 13).



Figura 11: Procedimientos para la prueba de viabilidad.

Establecimiento del pre-hmedecimiento de las semillas (a), semillas pre-humedecidas por 4-5 días (b), realización de los cortes de las cubiertas seminales (c), solución de la sal tetrazolio añadido a las semillas (d) y (e), instalación de las 4 repeticiones por lugar de procedencia de las semillas (f)

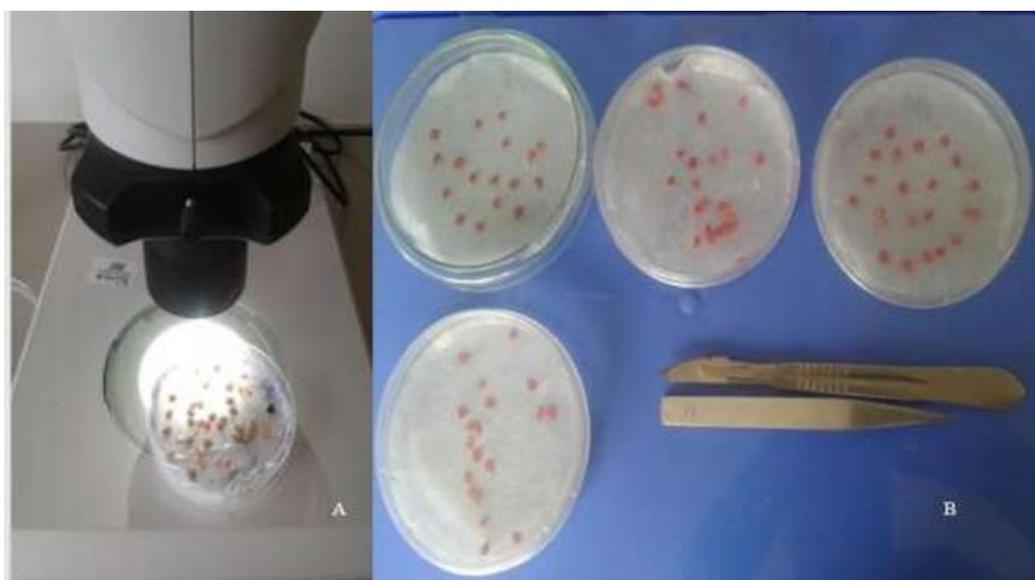


Figura 12: Muestras de semillas observados a estereoscopio para la realización de los cortes (A). Obtención de los embriones con tejido endospermico (B).

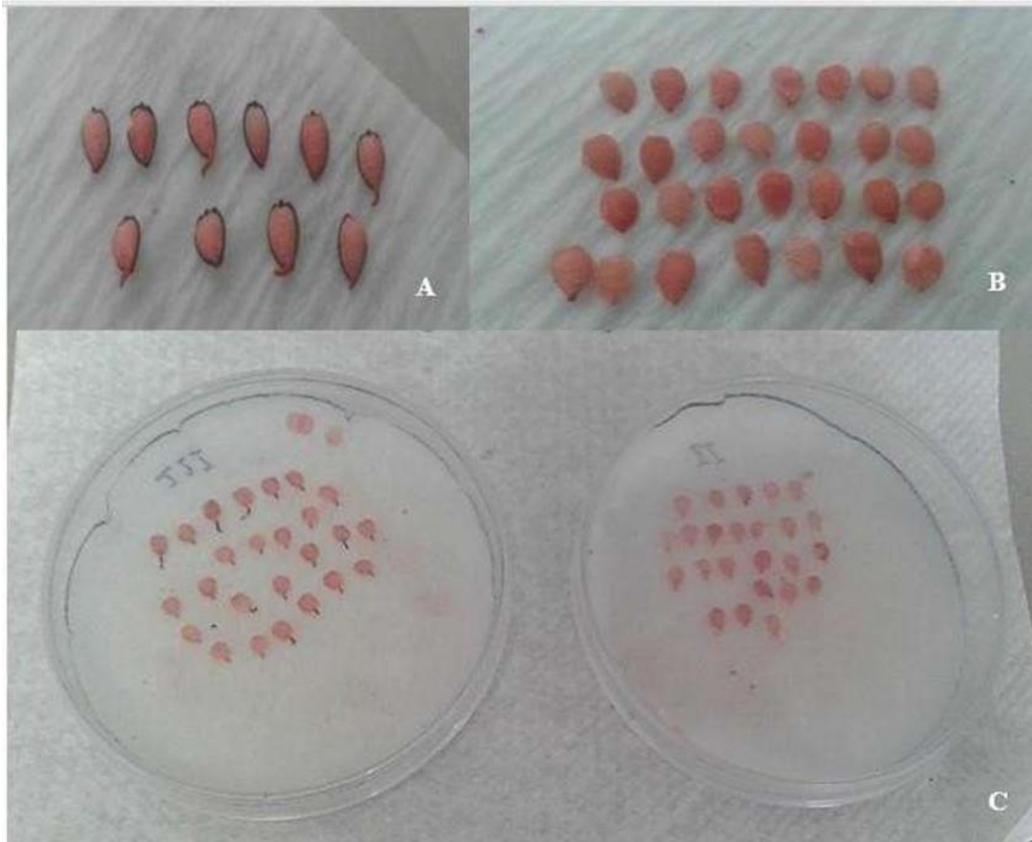


Figura 13: Embriones con tejido endospermico parcialmente liberados de su testa (A). Obtención de embriones con tejido endospermico completamente libre de su testa (B). Embriones libres de su tejido endospermico para ser observados en el estereoscopio para la determinación de su viabilidad (C).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS FRUTOS

Con respecto a las mediciones morfométricas de los frutos y semillas, Los resultados indican que los frutos procedentes del biohuerto de Zapallal presentan un mayor peso y, por ende, un mayor número de semillas. De esto se deduce que existe una relación directa entre el peso del fruto y el número de semillas. Los frutos del biohuerto de Zapallal y del campo del INIA se obtuvieron de la misma planta; mientras que del centro de abastos Megamercado Huamantanga, los frutos fueron obtenidos de los puestos de ventas (manera indirecta) (ver Fig. 15).

Por ello, los frutos provenientes del INIA y de Zapallal presentarían una menor variabilidad genética (mayor pureza varietal) debido a que las semillas se obtuvieron de una misma planta. En el caso de los frutos obtenidos del mercado estas presentarían una mayor variabilidad genética por proceder del acopio de frutos de diferentes lugares. Además, durante el periodo de traslado desde el campo al lugar de venta, los frutos han soportado cambios ambientales bruscos de temperatura humedad y daños físicos por golpes, por lo que estos eventos probablemente hayan reducido la calidad de las semillas (ver Fig. 14).

En este aspecto, se señala que el cultivo de maracuyá que se produce actualmente en el Perú es de deficiente calidad debido a que procede de una mezcla varietal de semillas de contrabando que ingresaron hace varios años desde Colombia y Brasil (Norma Rojas AgroNegociosPerú, 2022).

En cuanto a algunos datos morfométricos encontrados, Chacón (1991), como se citó en Jaramillo et al. (2009); menciona que el fruto del maracuyá pesa 100 gramos de media, y por cada fruto hay 250 semillas de media, en el que cada semilla pesa 0,4 gramos. Por otro lado, con respecto al tamaño de la semilla, De Escobar (1985), considera a las semillas de tamaño normal a aquellas que poseen un tamaño de 4 a 5 mm y semillas pequeñas a las que tengan menos de la mitad del tamaño normal.

Por otro lado, Según Landázuri *et al.* (2021), afirma que los frutos contienen entre 200 a300 semillas y el peso de cada fruto oscila entre 70 y 150 gramos. Generalmente, el número podría ser según el tamaño del fruto, por lo que los frutos más grandes tendrían mayores cantidades de semillas.

Perez *et al.* (1998) indican el tamaño promedio de las semillas de 5 mm y con respecto al fruto que es de forma esférica presentan un diámetro de promedio 5.5 cm y una longitud promedio de 5.5 cm. En el presente estudio se encontraron un peso promedio del fruto fue 246.9, además el número de semillas por fruto fue de 362 y finalmente, el tamaño promedio de la semilla fue de 6.76 mm gramos (valores mayores a lo encontrado por DeEscobar,1985; Chacón, 1991 y Landázuri *et al.*, 2021).

En el presente estudio, los frutos fueron cosechados en madurez comercial con el cual se observa la coloración amarilla de la superficie de la cáscara o exocarpio de los frutos (Agro Krebs, 2020).

Con respecto al tipo de madurez en momento de la recolección de frutos y la posterior extracción de semillas, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, s.a), menciona que en la madurez fisiológica la semilla alcanza su desarrollo fisiológico adecuado para germinar. Además, si la madurez fisiológica antecede a la madurez comercial o de cosecha, por lo tanto, lo más probable es que no seaafectado la calidad fisiológica de las semillas ya que la semilla se encuentre completamente desarrollado. Asimismo, Marques *et al.* (2013) determinaron que las semillas de *Passiflora suberosa* colectados de frutos extraídos en estados de maduracióncomercial con la cascara de color rojizo presentan mayores porcentajes de emergencia deplántulas.



Figura 14: Frutos obtenidos para la extracción de las semillas de *Passiflora edulis*

Tabla 2: Mediciones biométricas de los frutos y semillas

Frutos	Peso (g)	Nº semillas	promedio de 10 semillas (mm)
1 (INIA)	213.82	403	6.24
2 (INIA)	252.48	453	6.54
3 (INIA)	159.86	152	6.90
4 (comercial)	191.03	332	6.54
5 (comercial)	221.60	435	6.88
6 (comercial)	192.06	170	7.20
7 (Zapallal)	342.00	461	6.91
8 (Zapallal)	268.00	297	6.84
9 (Zapallal)	330.00	491	6.87
10 (Zapallal)	292.00	425	6.66
Media	246.29	362	6.76

Tabla 3: Comparaciones biométricas de los frutos y semillas de los tres lugares de procedencia de los frutos

Procedencia de los frutos	Peso (g)	Número de semillas	Tamaño promedio de 10 semillas (mm)
INIA Centro de abastos	208.72	336	6.56
Huamantanga	201.56	202	6.87
Zapallal	308.00	419	6.82

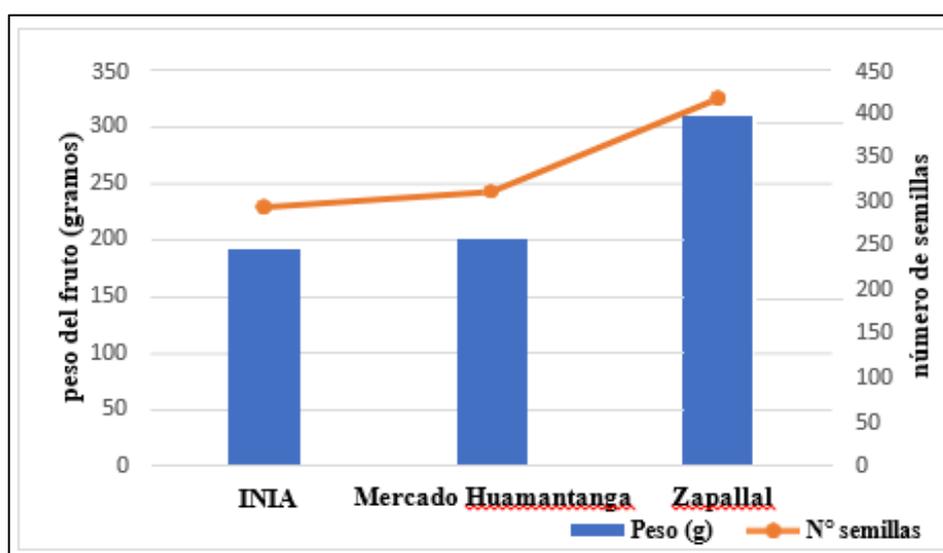


Figura 15: Esquema comparativo del peso de los frutos con el número de semillas de los tres lugares de procedencia

Según los resultados de Junghans et al. (2012) corroboran lo señalado por la FAO y otros investigadores que mediante un estudio en el cual determinan que, en frutos con mayor grado de maduración, es decir las semillas obtenidos de frutos maduros y senescentes se obtuvieron mayores valores medios de porcentaje de emergencia y de uniformidad de plántulas en comparación a los obtenidos de frutos de menor maduración comercial. Asimismo, consideran importante determinar el momento más adecuado de la colecta del material de estudio.

4.2. CARACTERIZACIÓN DE LA ANATOMÍA DE LA SEMILLA

4.2.1 Anatomía externa

En base a lo observado, las semillas de las *Pasiflora* poseen una doble capa de arilo: una externa que contiene el jugo y las sustancias disueltas. Una capa interna delgada adherida a la testa de las semillas. Asimismo, las cubiertas seminales externas se caracterizaron por ser duras, de color negro gris y presentar ornamentaciones. Estas se encuentran unidas a nivel de funículo (ver Fig. 16).

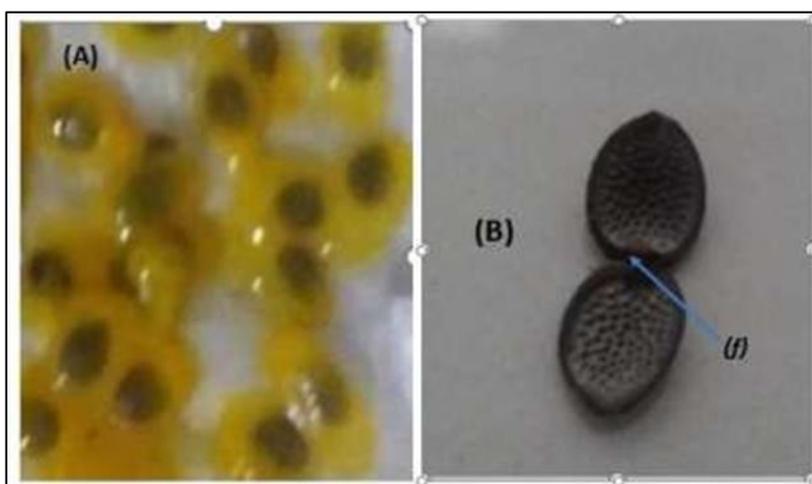


Figura 16: (A) Semillas con doble cubierta de arilo y (B) las testas de la semilla unida por el funículo (f)

4.2.2 Anatomía interna

Internamente, se observó que el embrión lo conforman los dos cotiledones unidos en la base a través de la radícula (ubicada en la zona micropilar). Dichas estructuras están protegidas por el endospermo (ver Fig. 17).

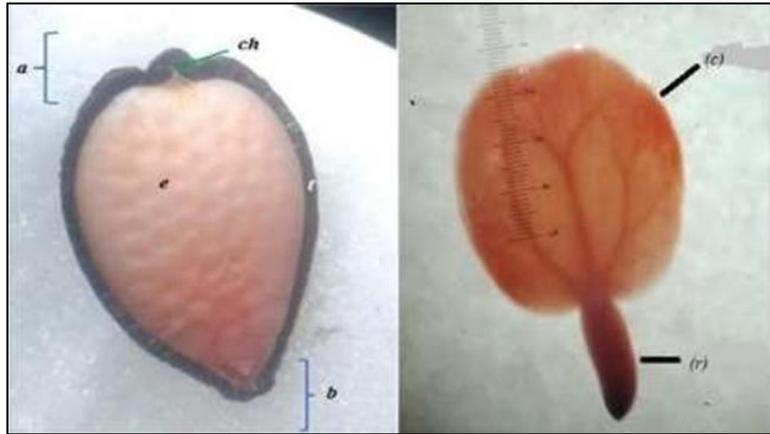


Figura 17: Estructura interna de la semilla de *Passiflora edulis*.
(a) Parte apical, (b) Parte basal o micropilar, (ch) Chalaza, (t) Tegumento y (e) Endospermo. Cotiledones (c) y radícula (r).

4.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLÁNTULAS Y SEMILLAS

4.3.1 Plántulas normales

En base a los caracteres morfológicos evaluados se observaron plántulas de diferentes tamaños entre pequeñas y altas. Los cotiledones presentaron una coloración verde de mediana tonalidad y uniforme. El tamaño de la radícula fue variable conservando las estructuras completas y sin infección primaria. El hipocótilo se presentó relativamente erguido sin curvaturas pronunciadas (ver Figs. 18 y 19).



**Figura 18: Estructura de una plántula normal en condiciones de luz (a).
Observación de la morfología de las plántulas normales obtenidos
durante la evaluación de los tratamientos (b) y (c)**



Figura 19: Estructura de una plántula normal en condiciones de oscuridad (a). Observación de la morfología de las plántulas normales obtenidos durante la evaluación de los tratamientos (b) y (c).

Nótese el fenómeno de etiolación.

4.3.2 Plántulas anormales

Entre las anomalías halladas se encontraron plántulas con infección primaria que posiblemente se originan aun infección viral causado por virus tales como tymovirus passion fruit yellow mosaic virus), potyvirus soybean mosaic virus (SMV) y cucumoviruscucumber

mosaic virus (CMV) siendo reportados por Cardona (2022) en el material de siembra (brotes de semillas y en plántulas) del maracuyá. En el presente ensayo se detectaron daños a nivel radicular, cotiledones necrosados, hipocótilos curvados, raíces con geotropismo negativo, raíces atrofiadas y cotiledones atrapados por la testa (ver Figs.20 y 21).

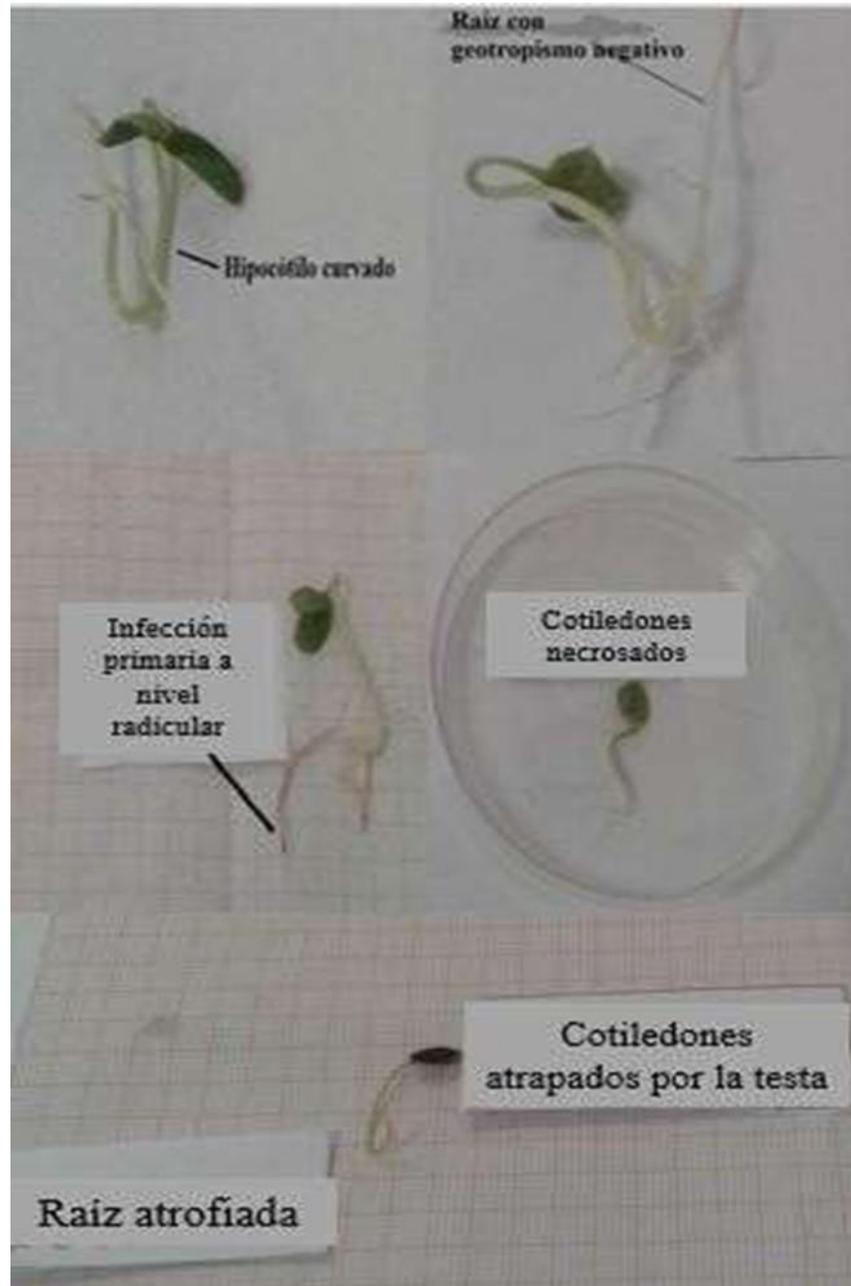


Figura 20: Ejemplos de plántulas anormales en *Passiflora edulis*



Figura 21: Observación de semillas con emergencia radicular.
Cabe indicar que también son considerados comoplántulas anormales.

4.3.3 Semillas duras y muertas

Tabla 4: Descripción de los resultados en relación a las semillas duras y muertas

Semillas duras	Semillas muertas
<p>Se presentaron un mayor número de semillas duras en los tratamientos T2(semillas sin escarificación micropilar bajo luz tipo LED) y T6 (semillas sin escarificación micropilar en oscuridad). No se observó en T1 (semillas con escarificación micropilar bajo luz tipo LED) (ver Fig. 22).</p> <p>Muchas de ellas, después de la prueba de viabilidad se verificaron que estaban vivas por lo que probablemente su periodo de dormancia iba ser más prolongado a los 28 días según lo señalado por el Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009).</p>	<p>Se observó un mayor número de semillas muertas en el tratamiento T2 (semillas sin escarificación micropilar bajo luz tipo LED). En contraparte, hubo un número de semillas muertas en los tratamientos T1 (semillas con escarificación micropilar bajo luz tipo LED) y T4 (semillas sin escarificación micropilar bajo luz tipo fluorescente) (ver Fig. 22).</p> <p>En general, el número de semillas duras fue mucho menor al de semillas muertas. Mas no germinaron debido a que el tiempo requerido de germinación superaba al periodo establecido en los ensayos (principalmente en semillas sin escarificar) (ver Fig. 22).</p>

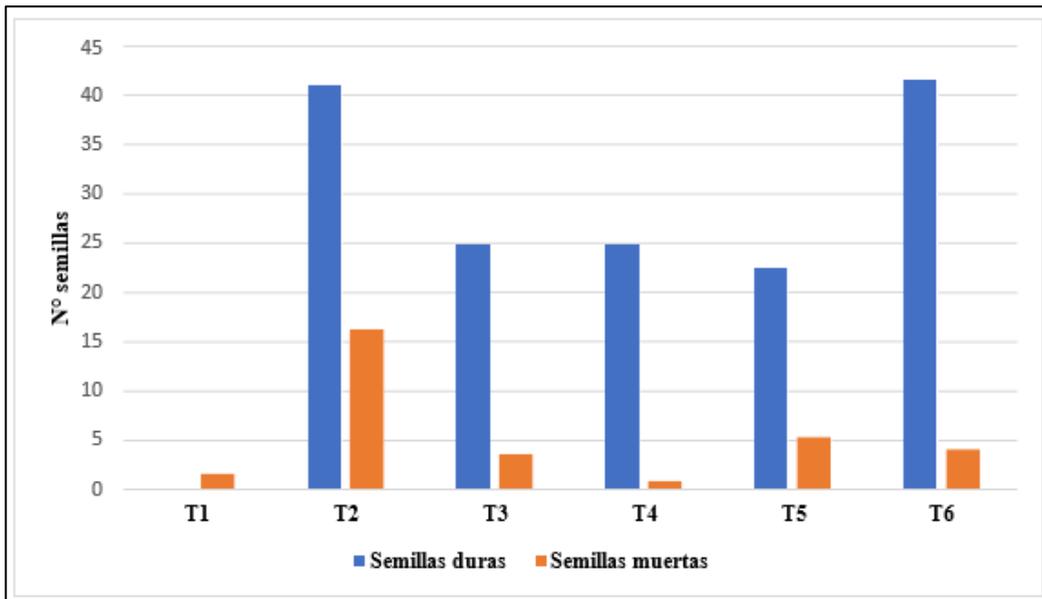


Figura 22: Número de semillas duras y semillas muertas de *Passiflora edulis* obtenidos en los tratamientos

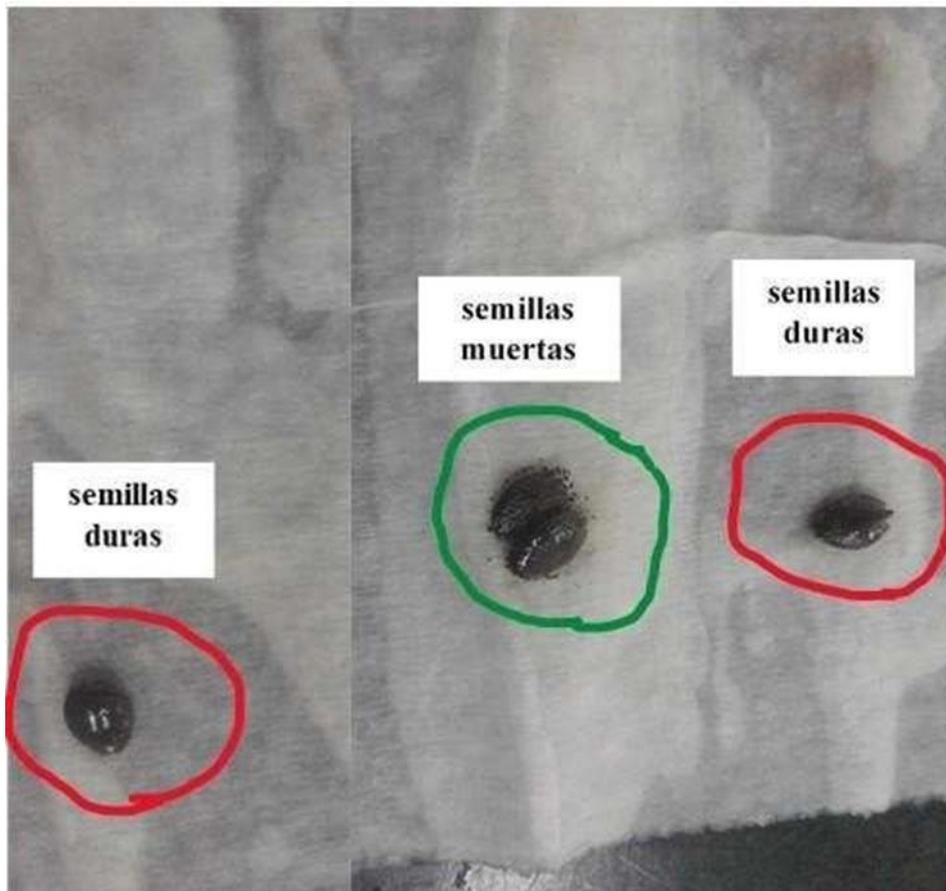


Figura 23: Observación de semillas duras y semillas muertas

4.4. ASPECTOS FITOSANITARIOS DE LA CALIDAD DE SEMILLAS

Durante el periodo de evaluación de la calidad de las semillas se observaron e identificaron presencia de fitopatógenos tanto en semillas como en plántulas. Se observó esporulación de hongos pertenecientes a los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. (ver Figs.23 y 24).

El inóculo probablemente se haya encontrado dentro de la semilla o fue contaminado durante la manipulación de la prueba. El exceso de humedad del papel también haya propiciado la proliferación del fitopatógeno. Sin embargo, varias semillas pudieron resistir la infección debido a la naturaleza de las cubiertas que se caracterizaron por ser duras e impermeables.

Estas se desecharon para reducir la contaminación de las plántulas que se estaban desarrollando y de las otras semillas que aún no germinaban. El signo característico fue la pudrición del tejido del embrión junto a las membranas internas.



Figura 24: Presencia de fitopatógenos en los tratamientos

4.4.1 Infección secundaria de las plántulas

Del total de plántulas obtenidas en cada tratamiento, hubo aquellas que fueron afectadas por algunos fitopatógenos. Algunas presentaron daño a nivel del ápice de la radícula y otros daños en los cotiledones (decoloridos y necróticos), siendo considerado como plántulas con infección secundaria. Por ende, el ISTA (2016) la considera dentro del grupo de plántulas anormales (ver Fig. 25).

4.4.2 Semillas infectadas por fitopatógenos

Algunas semillas de *Passiflora edulis* fueron afectadas externamente por fitopatógenos, pero difícilmente afectaron al embrión. Esto debido a que los tegumentos de muchas especies de Pasifloráceas poseen compuestos lipídicos en sus tegumentos, lo cual le brinda cierta impermeabilidad hacia el agua y por ende al ingreso de inóculo (esporas, conidias) (ver Fig. 25).

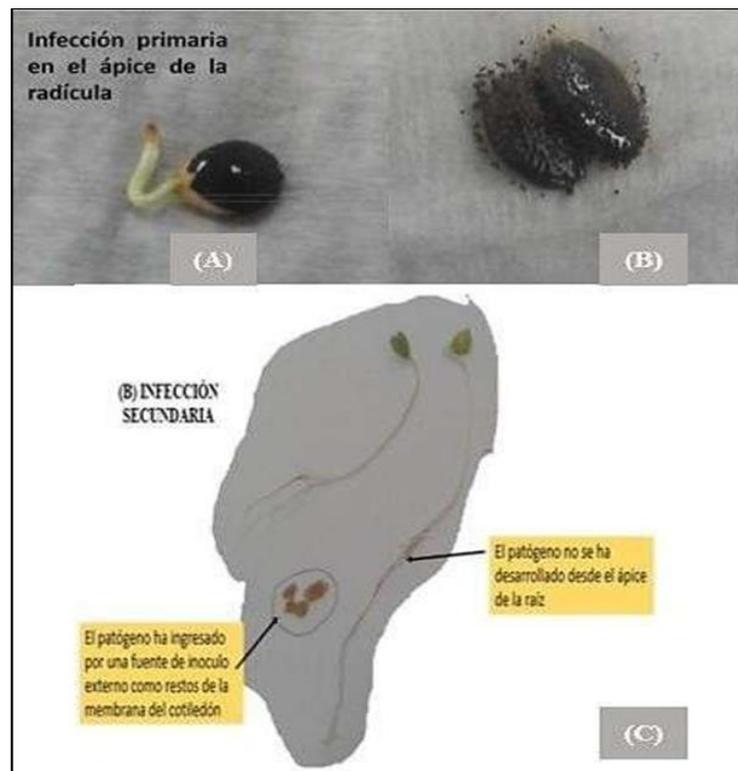


Figura 25: Observación de una infección secundaria a nivel de radícula (A). Semillas infectadas externamente alrededor de la testa por *Aspergillus* sp. Nótese la esporulación del micelio y su color característico (B). Plántulas normales con infección secundaria (C).

4.5. CARACTERÍSTICAS DE PLÁNTULAS EN CONDICIONES DE LUZ Y OSCURIDAD

4.5.1 Plántulas desarrolladas en condiciones de oscuridad

Las plántulas que se desarrollaron en condiciones de oscuridad presentaron hipocótilos alargados y delgados. Con respecto a los cotiledones estos se caracterizaron por ser pequeños y cloróticos debido a la falta de luz y por cual hubo una menor síntesis de clorofila. Asimismo, el hipocótilo en búsqueda de luz, sufrió una elongación notoria (ver Figs. 26 y 27).

4.5.2 Plántulas etioladas acondicionadas en ambientes de luz

Las plántulas etioladas (en oscuridad) al ser acondicionadas en ambiente de luz pudieron sintetizar clorofila por lo que dicho proceso es reversible. Pero la constitución morfológica del hipocótilo no sufrió variación (ver Figs. 26 y 27).



Figura 26: Plántulas etioladas desarrollados en condiciones de oscuridad (A). Plántulas etioladas que han sido expuestas a condiciones de luz tipo LED a 25°C (B). Nótese que los cotiledones cloróticos se volvieron verdesos por la síntesis de clorofila.

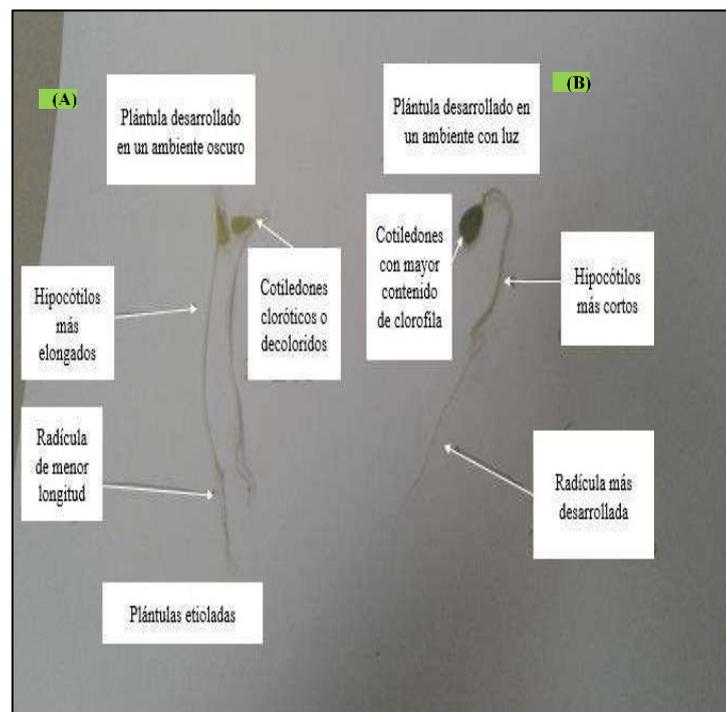


Figura 27: Comparación de los caracteres morfológicos entre una plántula desarrollada en condiciones de oscuridad (A) y con una desarrollada en luminosidad (B).

4.5.3 Plántulas desarrolladas en condiciones de luz

En condiciones de luz las plántulas se desarrollaron más vigorosas: con cotiledones verdes más grandes e hipocótilos de menor tamaño, pero de mayor diámetro (ver Fig. 28).



Figura 28: Plántulas desarrolladas en condiciones de luz tipo fluorescente (a). Plántulas desarrolladas en condiciones de luz tipo LED (b).

4.6. PRUEBA DE VIABILIDAD

Los resultados indican que las semillas procedentes de los lugares mencionados presentan una alta viabilidad mayor al 90% (ver tabla 8), tanto en semillas frescas como en semillas almacenadas. En este aspecto, Vega-Corrales et al. (2022) lo obtuvieron en semillas de *Passiflora biflora* y *Passiflora adenopoda* (entre 85 y 94% de viabilidad). Las bajas temperaturas (entre 5 a 10°C) incrementaron la longevidad de las semillas durante su tiempo de almacenamiento por lo que estas estimularían la germinación superando la dormancia en las especies de Passifloraceae. Por ello, se recomienda el almacenamiento del material genético (semillas y estructuras vegetativas como yemas, explantes) en condiciones frías o bajas temperaturas (conservación ex situ).

En ese sentido, Romero-Murcia (2018), afirma que bajo temperaturas frías o templadas (4-20 °C) las semillas conservan mejor su humedad (no se produce la desecación de la semilla, aunque existe una variación en los niveles de tolerancia entre especies). Esto permitirá la “una posterior reactivación de una accesión (como un lote de semillas de un cultivar o variedad) luego de salir de condiciones (frías) de almacenamiento para evaluarla viabilidad de las semillas en el tiempo y la efectividad del método de conservación”. Asimismo, Roa (2017), encontró que la estratificación fría (temperatura de 10°C por 30 minutos) permitió la ruptura de la latencia (o dormancia) con un mayor porcentaje de germinación, velocidad media de germinación y un menor tiempo medio de germinación en las semillas de *Passiflora quadrangularis* L.



Figura 29: Clasificación de los embriones luego de su observación y análisis en el estereoscopio (A). Observación de embriones no viables (B). Observación de embriones viables C).

Nótese la diferencia en la intensidad de la tinción en los cotiledones.



Figura 30: Observación a mayor aumento de los embriones viables y no viables

Tabla 5: Prueba de viabilidad con tetrazolio - lugar INIA

Repeticiones	Nº semillas	Semillas viables	Semillas no viables	Porcentaje de viabilidad
I	25	24	1	96
II	25	23	2	92
III	25	24	1	96
IV	25	24	1	96
Media				95

Tabla 6: Prueba de viabilidad con tetrazolio - lugar ZAPALLAL

Repeticiones	Nº semillas	Semillas viables	Semillas no viables	Porcentaje de viabilidad
I	25	25	0	100
II	25	25	0	100
III	25	25	0	100
IV	25	25	0	100
Media				100

Tabla 7: Prueba de viabilidad con tetrazolio - lugar centro de abastos HUAMANTANGA

Repeticiones	Nº semillas	Semillas viables	Semillas no viables	Porcentaje de viabilidad
I	25	25	0	100
II	25	24	1	96
III	25	25	0	100
IV	25	25	0	100
Media				99

Tabla 8: Resultados de las pruebas de viabilidad de los lugares de procedencia de las semillas

Lugar	Porcentaje de viabilidad
Centro experimental INIA- La Molina	95
Centro de abastos HUAMANTANGA	99
Biohuerto ZAPALLAL	100
Media	98

En los frutos obtenidos del centro de abastos (frutos mezclados de diversos lugares y sometidos a un tipo de estrés por daño mecánico durante el transporte y la exposición a alta radiación solar), probablemente las semillas hayan sufrido algún tipo de estrés que pueda comprometer su capacidad germinativa. Sin embargo, por los resultados obtenidos, se infiere que, no afectados considerablemente, ya que las semillas de los tres lotes presentaron altos porcentajes de viabilidad. Aunque es recomendable cosechar a los frutos en madurez cosecha para asegurarnos que la semilla haya completado su desarrollo para así asegurar también su capacidad germinativa.

4.7. EVALUACIÓN DE LAS PRUEBAS DE GERMINACIÓN

Para comprobar si existe interacción entre los factores de estudio y verificar si por lo menos un tratamiento presenta diferente porcentaje de germinación se realizó la prueba de Análisis de Varianza.

4.7.1 Pruebas estadísticas para el análisis de datos

a. Prueba de Análisis de Varianza (ANOVA)

- **Hipótesis**

H₀: Todos los tratamientos presentan los mismos porcentajes de germinación

H₁: Existe al menos un tratamiento con diferente porcentaje de germinación

La prueba se realizó a un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$) en el modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

y_{ijk}: porcentaje de germinación de las semillas de maracuyá obtenida del i-ésimo tipo de luz, y j-ésimo tipo de semilla en la k-ésima repetición.

μ : Efecto de la media general del porcentaje de germinación de las semillas demaracuyá

α : Efecto debido de la variación del tipo de luz.

β_j : Efecto de la j -ésimo tipo de semilla.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción de la variación del tipo de luz con la i -ésimo tipo de semilla.

ϵ_{ij} : Efecto del error experimental obtenida de la interacción de la variación del tipo de luz LED, fluorescente o de oscuridad con el tipo de semilla con o sin escarificación micropilar.

Tabla 9: Análisis de la Varianza del modelo e interacción de los factores

Factor variable	S.C	Grados de libertad	CM	Fcal	p-valor
Modelo	8638.21	5	1727.64	10.46	0.00
Tipo de luz	1075.08	2	537.54	3.25	0.06
Tipo de semilla en función a la escarificación	3015.04	1	3015.04	18.26	0.00
Tipo de luz * tipo de semilla	4548.08	2	2274.04	13.77	0.00
Error	2972.75	18	165.15		
Total	11610.96	23			

Según los resultados obtenidos mediante el programa estadístico InfoStat, se observa que tanto para el modelo como para la interacción entre los factores de estudio el p-valor es menor al F calculado, por lo que se concluye que por lo menos existe un tratamiento con diferente porcentaje de germinación a un nivel de significancia del 5 %. Asimismo, se verifica que sí existe interacción entre los factores de estudio.

Luego de verificar la interacción entre los factores de estudio, se realizó la prueba de Duncan para verificar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

b. Prueba de Duncan

- **Hipótesis**

H₀: No existen diferencias significativas en los porcentajes de germinación entre los tratamientos

H₁: Sí existen diferencias significativas en los porcentajes de germinación entre los tratamientos

La prueba se realizó a un nivel de significancia del 5% ($n.s = 0.05$) en el modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Tabla 10: Prueba de Duncan para la interacción de los factores tipo de luz y tipo de semilla en función a la escarificación micropilar

Tipo de luz	Tratamiento Tipo de semilla	Medias	N	E.E.	Agrupación
LED	con escarificación micropilar	93.5	4	6.43	A
sin luz	con escarificación micropilar	60.00	4	6.43	B
Fluorescente	sin escarificación micropilar	55.75	4	6.43	B C
Fluorescente	con escarificación micropilar	46.00	4	6.43	B C
sin luz	sin escarificación micropilar	40.50	4	6.43	B C
LED	sin escarificación micropilar	36.00	4	6.43	C

Según los resultados obtenidos mediante el programa estadístico InfoStat, se verifica que sí existen diferencias significativas entre los tratamientos, encontrándose que en el tratamiento de las semillas con escarificación acondicionadas en ambiente de luz tipo LED se obtuvo el mayor porcentaje de germinación en comparación a los otros tratamientos. Asimismo, se podría considerar los tratamientos con menor porcentaje de germinación las realizadas en bajo condiciones de luz fluorescente tanto en semillas escarificadas como sin escarificar. Asimismo, en las semillas sin escarificación micropilar que fueron expuestas a condiciones de luz LED y oscuridad.

4.7.2 Porcentaje de germinación en cámaras bajo luz tipo LED

A un nivel de significancia del 95 %, se produjo una mayor germinación en las semillas que fueron escarificadas. Es decir, que bajo dichas condiciones de laboratorio la escarificación micropilar sí ejerce un efecto significativo en el porcentaje de germinación (ver Fig. 32).

Tabla 11: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas con escarificación micropilar bajo luz tipo LED

Procedencia de las semillas	T1	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas Duras	Semillas muertas
Biohuerto de Zapallal - Puente Piedra	T1R1	93	7	0	0
	T1R2	90	6	0	4
	T1R3	94	4	0	2
	T1R4	97	3	0	0
	Media	93,5	5	0	1,5

Tabla 12: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas sin escarificación micropilar bajo luz tipo LED

Procedencia de las semillas	T2	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas Duras	Semillas muertas
Biohuerto de Zapallal - Puente Piedra	T2R1	45	4	31	20
	T2R2	43	3	43	11
	T2R3	32	9	37	22
	T2R4	24	11	53	12
	Media	36	6.75	41	16.25

4.7.3 Porcentaje de germinación en cámaras bajo luz tipo fluorescente

A un nivel de significancia del 95 %, las semillas bajo condiciones de luz fluorescente, la escarificación mecánica a nivel micropilar no influyó de manera notable en el porcentaje de germinación de las semillas entre semillas escarificadas y sin escarificar, por lo que bajo condiciones de luz tipo fluorescente no será necesario aplicar este tipo de tratamiento (ver Fig. 32). Por lo tanto, se requerirán de evaluar otros tratamientos pre germinativos que según el comportamiento fisiológico de la especie así como de las características morfológicas de las semillas, se determinarán la aplicación del pretratamiento como lo son: escarificación mecánica con lija (Flores et al., 2020), la fermentación de la semilla (Bautista, 2018), remojo en agua caliente o fría (estratificación o escarificación por choque térmico) (Zevallos y De la Cruz, 1991, Silva et al., 2018, Flores et al., 2020), el sumergimiento en soluciones químicas como ácido sulfúrico (Silva et al., 2018) o en hipoclorito de sodio (Brondo-Ricárdez et al., 2020).

Tabla 13: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas con escarificación micropilar bajo luz tipo fluorescente

Procedencia de las semillas	T3	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas Duras	Semillas muertas
	T3R1	42	19	35	4
Biohuerto de Zapallal - Puente Piedra	T3R2	44	31	21	4
	T3R3	52	22	23	3
	T3R4	46	34	20	3
	Media	46	26.5	24.75	3.5

Tabla 14: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas sin escarificación micropilar bajo luz tipo fluorescente

Procedencia de las semillas	T4	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas Duras	Semillas muertas
	T4R1	53	28	18	1
Biohuerto de Zapallal - Puente Piedra	T4R2	65	10	24	1
	T4R3	52	21	26	1
	T4R4	53	16	31	0
	Media	55.75	18.75	24.75	0.75

4.7.4 Porcentaje de germinación sin luz (oscuridad)

A un nivel de significancia del 95 %, las semillas en condiciones de oscuridad, la escarificación mecánica sí permitió obtener un mayor número de plántulas normales, por lo tanto, un mayor porcentaje de germinación de las semillas (ver Fig. 32).

Tabla 15: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas con escarificación micropilar bajo oscuridad

Procedencia de las semillas	T5	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas Duras	Semillas muertas
	T5R1	55	21	21	3
Campos del INIA – La Molina	T5R2	60	16	24	5
	T5R3	59	14	24	8
	T5R4	66	7	22	5
	Media	60	14.5	22.75	5.25

Tabla 16: Ensayo de germinación del tratamiento de semillas sin escarificación micropilar bajo oscuridad

Procedencia de las semillas	T6	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas Duras	Semillas muertas
Campos del INIA – La Molina	T6R1	83	11	12	3
	T6R2	23	8	67	7
	T6R3	28	24	46	4
	T6R4	28	29	41	2
	Media	40.5	18	41.5	4

4.7.5 Determinación del tratamiento con el mayor porcentaje de germinación

El tratamiento donde se obtuvo un mayor porcentaje de germinación correspondió al de las de semillas con escarificación micropilar en condiciones de luz tipo LED. Esto en condiciones de luz tipo LED, la energía es usada de una manera más eficiente por las semillas.

En ese sentido, Liang et al. (2021) bajo condiciones de luz LED afirman que la calidad de luz la cual es expresado en una menor liberación de calor y una distribución más uniforme de los fotones de luz, influyen positivamente en la eficiencia fotosintética de las plántulas. Asimismo, diferentes combinaciones del tipo de irradiancias y calidad de luz, y de fotoperiodos influyen significativamente en la biomasa de plántulas de *Passiflora edulis* expresada en un mayor tamaño, número de hojas y así como una mayor producción de enzimas antioxidantes, flavonoides y fenoles.

En caso de especies ornamentales, Akbarian et al. (2016) demostraron que mediante el acondicionamiento de ambientes para el desarrollo de plántulas con luz LED, se obtienen plántulas generalmente de mayor calidad (compactas, calibre de tallo más grande, mayor peso fresco de la raíz y menos trastornos morfológicos). Pero lo que recomiendan es desarrollar sistemas de iluminación LED con espectros efectivos para producir plántulas de alta calidad.

En los tratamientos bajo luz tipo fluorescente, se registraron temperaturas máximas mayores a los 30°C, por lo que esta haya afectado la viabilidad del embrión de muchas semillas, teniendo el rango óptimo de germinación de *Passiflora edulis* entre 20 a 30 °C. Esto probablemente haya disminuido el porcentaje de germinación de los tratamientos en este tipo de luz.

Tabla 17: Porcentajes de germinación de los tratamientos según la procedencia de las semillas de *Passiflora edulis*

Procedencia de las semillas	Tratamiento	Porcentaje de germinación
Zapallal - Puente Piedra	T1: semillas con escarificación micropilar en luz tipo LED	94
INIA - La Molina	T2: semillas sin escarificación micropilar en luz tipo LED	36
Zapallal - Puente Piedra	T3: semillas con escarificación micropilar en luz tipo Fluorescente	46
Zapallal - Puente Piedra	T4: semillas sin escarificación micropilar en luz tipo Fluorescente	56
INIA - La Molina	T5: semillas con escarificación micropilar en oscuridad	60
Mega mercado Huamantanga – Puente Piedra	T6: semillas sin escarificación micropilar en oscuridad	41
Media		55

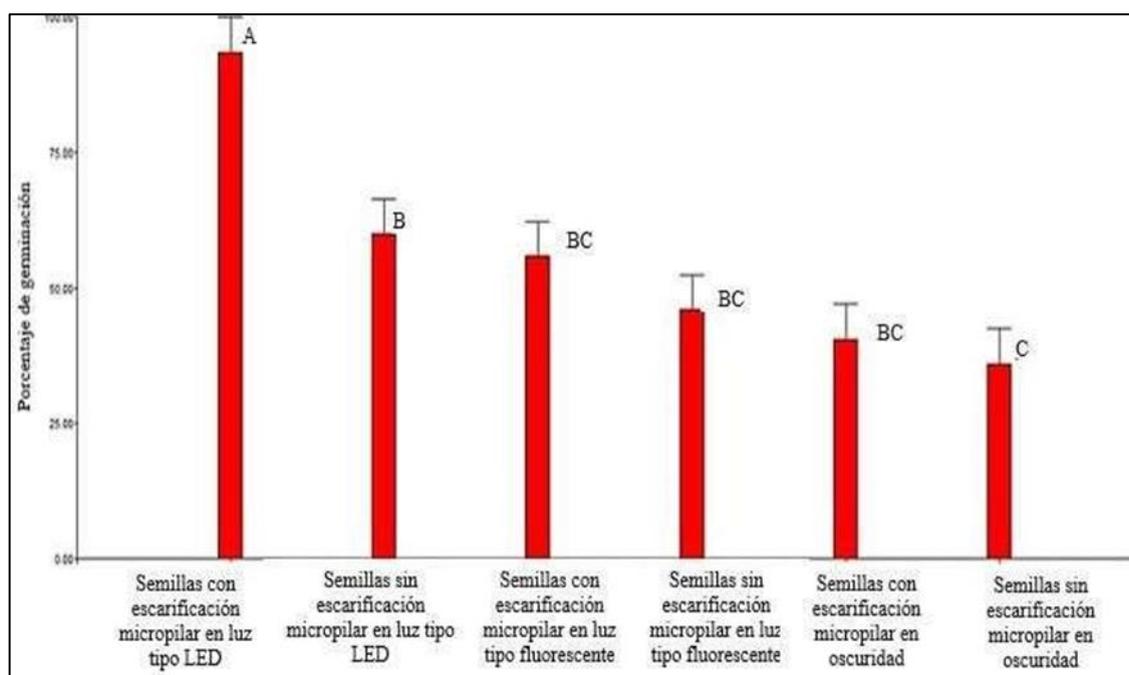


Figura 31: Porcentajes de germinación de las semillas de *Passiflora edulis* en los tratamientos evaluados

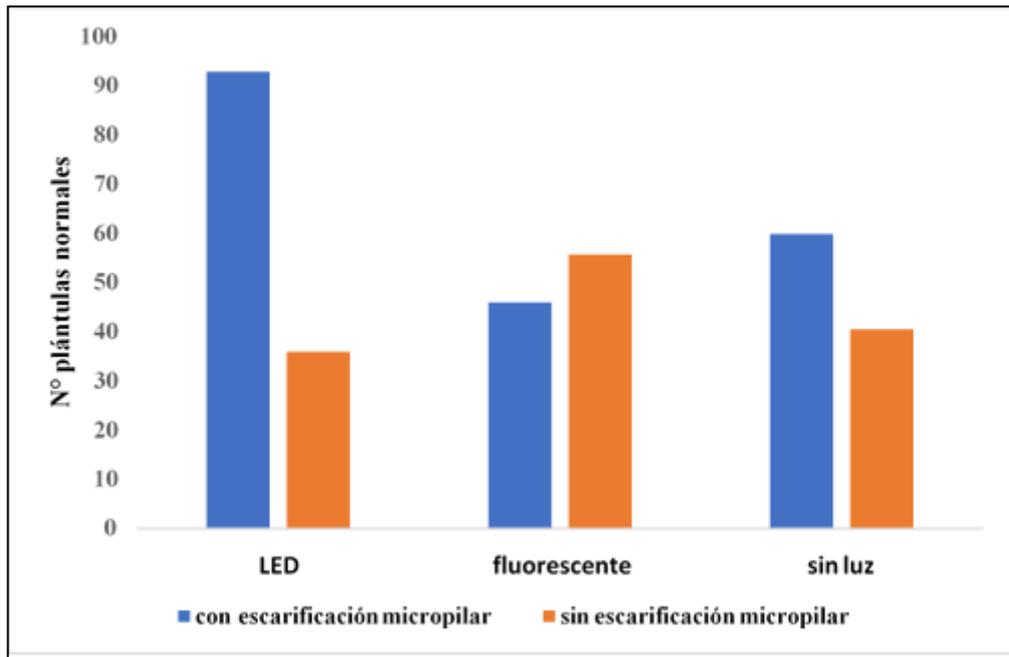


Figura 32: Porcentajes de germinación de las semillas de *Passiflora edulis* bajo condiciones de luz LED, fluorescente y en oscuridad

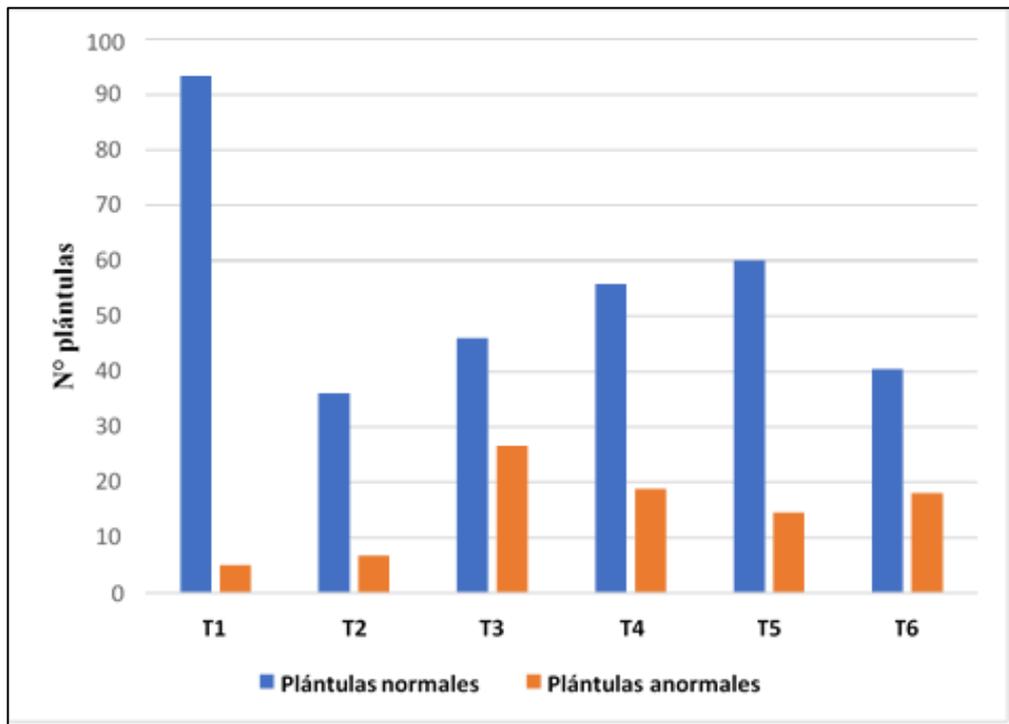


Figura 33: Número de plántulas normales y anormales de *Passiflora edulis* obtenidos en los tratamientos

4.8. EFECTO DE LA ESCARIFICACIÓN MICROPILAR EN EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Las características morfofisiológicas de las semillas dificultan la emergencia de laradícula por lo que el tiempo de germinación suele ser prolongado. En ese sentido, Mabundza et al. (2010) determinaron que en semillas recién extraídas de *Passiflora edulis* la germinación fue baja por lo que los diversos tratamientos pre germinativos (físicos y químicos) permitieron reducir el tiempo de germinación rompiendo la dormancia de la semilla.

Según los resultados, se evidencia que la esscarificación micropilar sí contribuye de manera significativa incrementar el porcentaje de germinación de las semillas. Se consolida la anterior afirmación en lo dicho por Flores et al. (2020) quienes encontraron resultados favorables en los porcentajes de germinación aplicando la esscarificación mecánica en semillas de *Euterpe precatoria*.

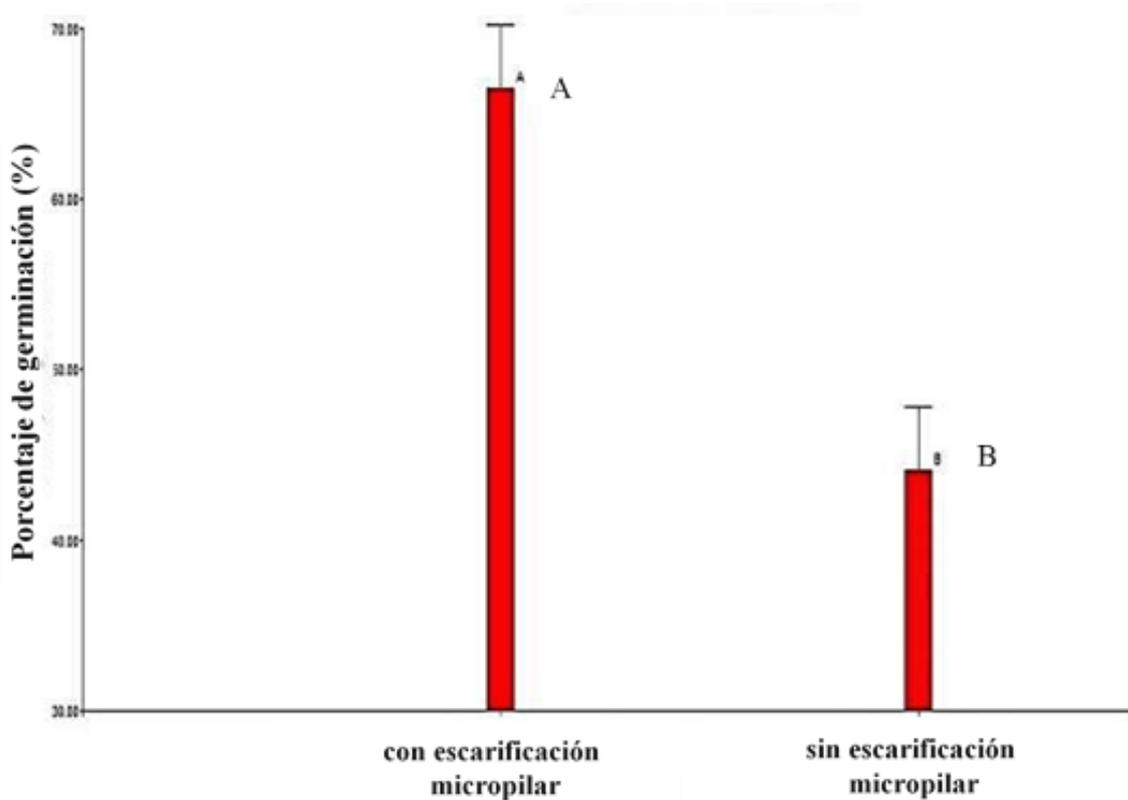


Figura 34: Gráfico comparativo de los porcentajes entre semillas esscarificadas y sin esscarificar de *Passiflora edulis*

4.9. EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN EN RELACIÓN AL TIPO DE AMBIENTE CON LUMINOSIDAD Y OSCURIDAD

Según los resultados hallados, en condiciones de luz existiría un mayor porcentaje de germinación por lo que se afirma que la semilla de *Pasiflora edulis* es fotoblástica positiva. Asimismo, Costa et al. (2016) determinaron la respuesta fotoblástica negativa de la especie silvestre *Passiflora foetida var. glaziovii* Killip. Cabe resaltar que a nivel de familia puede existir diferencias entre las especies.

En contraste, Angelini et al. (2016) determinaron que tanto la oscuridad como las altas temperaturas estimulaban una mayor germinación en la especie *Passiflora incarnata* L. por lo que dicha especie se podría catalogar como fotoblástica negativa. Asimismo, De Oliveira Júnior et al. (2010) encontraron una mayor germinación de semillas escarificadas de *Passiflora cincinnata* Mast. en condiciones de oscuridad.

Sin embargo, la ausencia o presencia de luz no produjo diferencias significativas en los porcentajes de germinación en las semillas de *Passiflora edulis* (Passos et al., 2004). En ese sentido, Romero-Murcia (2018) encontró un patrón no definido de respuesta de la germinación de semillas a la presencia y ausencia de luz por lo que determinó que la luz no era un factor determinante para la germinación de *Passiflora tripartita*; *P. tarminiana*; *P. pinnatistipula* y *P. mixtana*, especies de pasifloras endémicas.

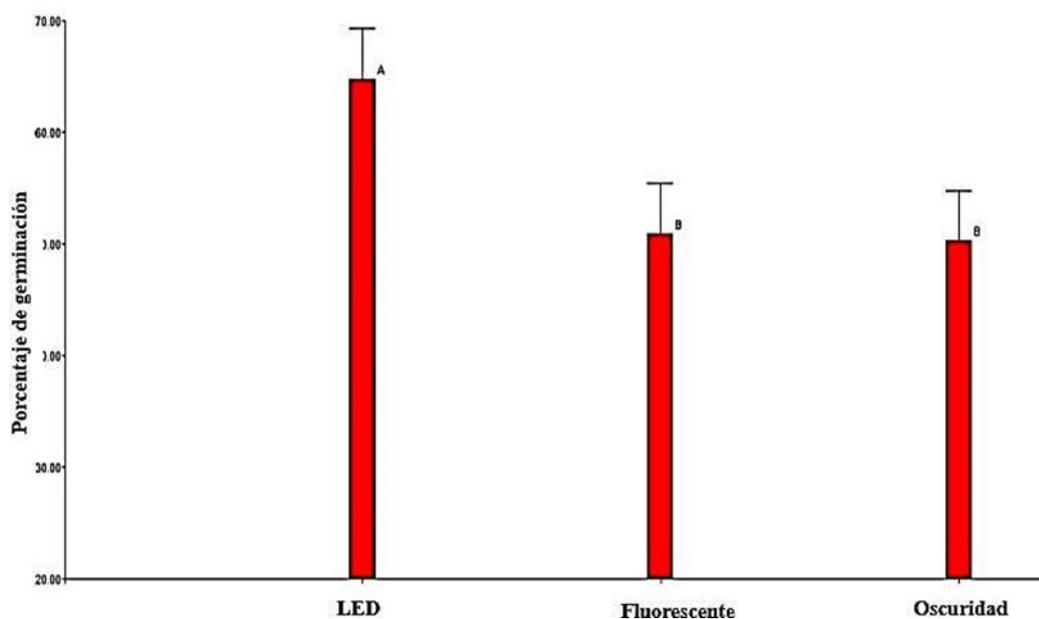


Figura 35: Porcentajes de germinación de la semilla de *Passiflora edulis* de ambientes distintos en función al tipo de luz

4.10. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LA PRUEBA DE VIABILIDAD Y LA DE GERMINACIÓN

Según los resultados hallados, no existe una relación directa o positiva entre las variables de estudio, esto quiere decir que semillas que presentaron una alta viabilidad necesariamente no tendrán altos porcentajes de germinación. O viceversa, lotes de semillas con altos porcentajes tendrían una alta viabilidad.

Para analizar esto, se tiene que tomar en cuenta los conceptos de dormancia y velocidad de germinación, y vigor de la semilla. Existen semillas que poseen una baja germinación en las primeras semanas, pero que a medida que superen su dormancia el número de semillas germinadas comienzan a incrementarse y por ende su velocidad de germinación también. El vigor de la semilla sería un carácter innato de la semilla de poder germinar en condiciones adversas y que las semillas tengan la capacidad de formar plántulas normales.

En ese sentido, Rodríguez *et al.* (2008) afirman que una semilla que no germine no significa que la semilla esté muerta. Asimismo, plantean una relación entre las semillas viables y semillas germinadas como: semillas viables = semillas germinadas + semillas dormantes. Además, señalan que semillas que presenten un bajo porcentaje de germinación durante un ensayo presenten un bajo porcentaje de germinación en campo ya que dichas semillas pueden estar vivas en estado de dormancia.

Tabla 18: Porcentajes de viabilidad y de germinación de los tres lugares de procedencia de las semillas de *Passiflora edulis*

Procedencia de las semillas	Porcentaje de Viabilidad	Porcentaje de germinación
Biohuerto de Zapallal - Puente Piedra	95	65
Megamercado Huamantanga - Puente Piedra	99	41
campos del INIA -La Molina	100	48
X	98	51

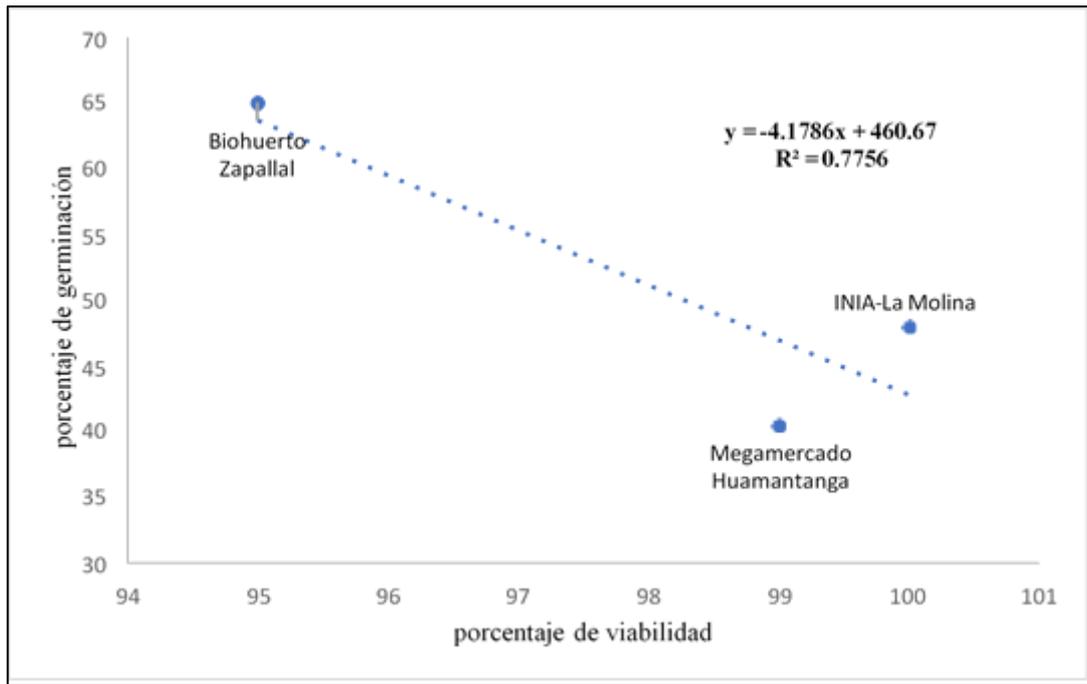


Figura 36: Correlación entre los porcentajes de viabilidad y germinación de los tres lugares de procedencia de las semillas de *Passiflora edulis*

4.11. VARIACIÓN DE LA GERMINACIÓN EN EL TIEMPO

4.11.1 Curvas de germinación acumulada

Para conocer la variación del proceso germinativo, se obtuvieron las gráficas de las curvas de germinación acumulada de los tratamientos de los cuales se observa los eventos de imbibición, es decir la etapa de absorción de agua y activación del metabolismo celular durante las dos primeras semanas, por ende, se aprecia una baja tasa de germinación. Durante la tercera semana se observa un incremento del número de semillas germinadas.

Se puede apreciar también, que las semillas expuestas a luz tipo LED desarrollan una mejor calidad fisiológica ya que presentan un menor periodo de dormancia (menor tiempo de germinación) y una capacidad de germinación cercana al 100%.

Asimismo, tanto la emergencia de la radícula como el crecimiento de las plántulas están en función de la temperatura debido a que se ha demostrado que bajo temperaturas cálida se estimulan el desarrollo temprano de las plántulas, una mayor emergencia radicular de las semillas y una rápida estabilidad de la emergencia. A su vez, se incrementa el volumen de agua adsorbida durante el periodo de imbibición de las semillas la cual propicia una mayor germinación. En contraste, la exposición a bajas temperaturas durante un período prolongado puede inducir la latencia de las semillas en especies de la familia Passifloraceae. (Souto et al., 2017).

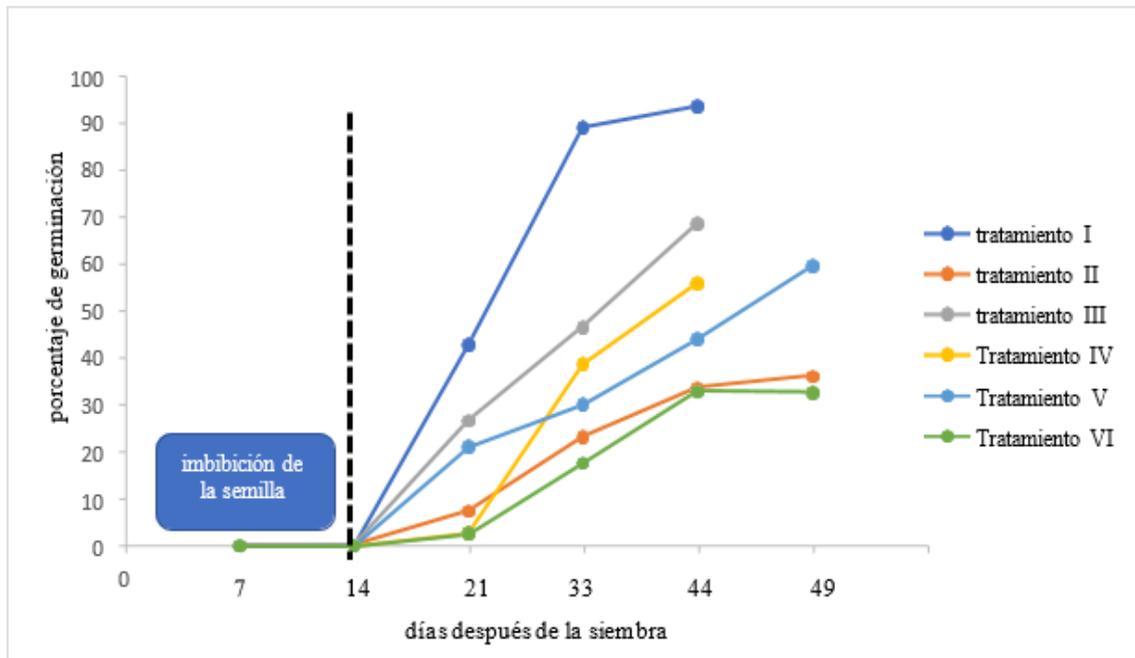


Figura 37: Curva de germinación acumulada de las plántulas de *Passiflora edulis* var *Flavicarpa*

V. CONCLUSIONES

- En base a los a los objetivos planteados, se concluye que sí existe efecto combinado entre el tipo de luz establecido en función de la presencia (fuentes de luz tipo LED, fluorescente) y ausencia (oscuridad) de luz con el tipo de semilla (establecido en funcióna la escarificación mecánica micropilar) en el porcentaje de germinación.
- La escarificación micropilar favorece en el mayor porcentaje de germinación en comparación a las semillas no escarificadas.
- Las semillas escarificadas (con escarificación micropilar) acondicionados en ambiente con luz tipo LED presentan mayor porcentaje de germinación.
- Bajo condiciones de iluminación ocurre una mayor germinación, corroborándose de estamanera que las semillas de la especie *Passiflora edulis* son fotoblásticas positivas.
- De lo anteriormente señalado, se establece que independientemente del lugar de procedencia de las semillas de maracuyá, éstas presentan un alto porcentaje de viabilidad bajo condiciones de luz tipo LED y con la escarificación mecánica las semillas muestran mayor calidad fisiológica expresado en la obtención de un mayor número de plántulas normales o un mayor porcentaje de germinación agronómica de un lote de semillas.

VI. RECOMENDACIONES

- Para los tratamientos evaluados en condiciones de oscuridad, se recomienda retirar las semillas de dicho ambiente inmediatamente después de la emergencia de la radícula para evitar la obtención de plántulas etioladas las cuales no serán idóneas para su trasplante en campo. En ese sentido, los estudios relacionados al vigor de semillas en condiciones de oscuridad deben estar orientados solo para fines de investigación de calidad de semillas (como la fisiológica).
- Se recomienda para futuras investigaciones relacionadas con la calidad fisiológica de las semillas de las Pasifloras, considerar como factores de estudio la variación del fotoperiodo asimismo de la temperatura. Por ende, determinar cómo dichos factores pueden influir en la velocidad de germinación de las semillas y del crecimiento de las plántulas en estudios en la comparación del vigor de lotes de semillas en función a la procedencia o en base al cultivar o variedad de una especie. También se podrían considerar para estudios posgrado, el análisis de pruebas relacionados con la pureza varietal de cómo este factor podría influir de una manera significativa o no en el porcentaje de germinación de las semillas
- Por otro lado, sería interesante investigar como las variaciones de la intensidad lumínica así como el tipo de luz (en base al color azul, rojo, verde, amarillo) para verificar en qué ambiente existe una mayor eficiencia de la absorción de la luz por parte de las semillas. De la misma manera, dilucidar este problema científico sería muy importante ya que existe muchas interrogantes sobre cuál sería el espectro de absorción relacionados al color e intensidad de luz en el cual el fitocromo actuaría de una manera más eficiente en la germinación de las semillas de especies fotoblásticas positivas.
- En estudios relacionados a la viabilidad de las semillas, se han establecidos como factores de estudios la variación de la concentración del tetrazolio, el tiempo de exposición o inmersión de las semillas al colorante y la variación de la temperatura. En ese sentido, se podría considerar estudios posteriores y su extrapolación en semillas

de especies del género *Passiflora* o de otras especies. Del mismo se podría extrapolar en estudios comparativos de longevidad entre especies recalcitrantes y ortodoxas y su relación con el vigor de las semillas.

- Se podría usar la metodología del protocolo establecido o que sean adaptados a otras metodologías en estudios relacionados con calidad fisiológica de semillas en el ámbito de la conservación de especies nativas de Pasifloras que estén siendo afectados en su hábitat; y que son de gran importancia medicinal y nutricional en la vida de los pobladores de las comunidades nativas o aledañas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agro Krebs [@Agro Krebs]. (2020, 29 de noviembre). *Morfología del fruto de maracuyá* [Fotografía-nota]. Facebook
<https://www.facebook.com/agrokrebs/posts/morfolog%C3%ADa-del-fruto-de-maracuy%C3%A1-el-fruto-es-una-baya-de-forma-globosa-u-ovoide-c/1008328509651601/>
- Akbarian, B., Matloobi, M., & Mahna, N. (2016). Effects of LED Light on Seed Emergence and Seedling Quality of Four Bedding Flowers. *Journal of Ornamental Plants*, 6(2), 115-123.
- Alvarado, V. (1997). Interacción entre la luz roja y la temperatura en la germinación de la semilla sexual de papa. Tesis para optar al título profesional de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ángel-Coca, C. Nates-Parra, G., Ospina-Torres, R. y Melo, C. D. (2011). Biología floral y reproductiva de la gulupa *Passiflora edulis* Sims F. *edulis*. *Caldasia*, 33(2).
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/36402>
- Angelini, L.G.; Clemente, C.; Tavarini, S. (2021). Pre-Germination Treatments, Temperature, and Light Conditions Improved Seed Germination of *Passiflora incarnate* L. *Agriculture* 2021, 11, 937. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100937>
- Arévalo, J. (1998). Tratamientos para mejorar la germinación de semillas de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) y algarrobo (*Prosopis spp.*). Proyecto para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Zamorano, Honduras. Revisado: 5 ago 2020
Recuperado:
<https://pdfs.semanticscholar.org/9efa/de08219a6eba052629a0afaecd4f3684e21e.pdf>
- Arias-Suárez, J. C., Ocampo-Pérez, J. A., & Urrea-Gómez, R. (2014). La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. *Agronomía mesoamericana*, 25(1), 73-83. Recuperado https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212014000100008&script=sci_arttext
- Asociación de Exportadores. (2022). Exportación de maracuyá peruana creció en 10.1% en primer bimestre. *Diario Gestión*. Revisado: 17 may 2022
Recuperado: <https://gestion.pe/economia/empresas/exportacion-de-maracuya-peruana-crecio-101-en-el-primer-bimestre-de-2022-estados-unidos-paises-bajos-rmmn-noticia/>

- Astocondor, L. F. (2020). Influencia de la luz y del ácido giberélico en la germinación de semillas de muña (*Minthostachys spicata* (Benth.) Epling). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, UNALM. Revisado: 14 jun 2022 Recuperado: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4351>
- Balaguera, H. E., Álvarez, J. G., y Cárdenas, J. (2010). Efecto de la estratificación fría y la cobertura plástica en semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) para la obtención de plántulas. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 13(2), 89-97. Revisado: 13 jul 2023 Recuperado: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/download/735/783?inline=1>
- Bautista, J. (2018). Tratamientos Pregerminativos en semillas de *Passiflora mollisima*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, UNALM. Revisado: 26 mar 2020 Recuperado: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3137/F03-B3-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Belmedhi, O.; El Harsal; A.; Benmoussi, Y. L.; Senhaji, S., & Abrini, J. (2018). Effect of light, temperature, salt stress and pH on seed germination of medicinal plant *Origanum elongatum* (Bonnet) Emb. & Maire. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.032>
- Betancur, E., García, E. L., Giraldo, M., Quejada, O., Rodríguez, H. D., y Arroyave, I. C. (2014). Manual del cultivo de Maracuyá bajo buenas prácticas agrícolas. Colombia. Revisado: 20 jun 2022. Recuperado: https://www.academia.edu/33659336/Maracuya_BPA
- Botto, J. F. (1998). La germinación de las semillas por luz y su relación con la emergencia de plántulas de malezas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad de Buenos Aires. Revisado: 25 jun 2022. Recuperado: http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3040_Botto.pdf
- Brondo-Ricárdez, R., D. A., S., Pérez-Hernández, I., & D'Artola-Barceló, L. A. (2020). Tratamientos pregerminativos a semillas y desarrollo inicial de plántulas de chile amashito (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). AGROProductividad, 13(2), 53-60. <https://link.gale.com/apps/doc/A622268413/IFME?u=anon~47dd18fa&sid=googleScholar&xid=f1938799>
- Cancho, S. (2017). Condiciones que incrementan la germinación de semillas y el vigor de plantines de *Cinchona kraussiana* L. Andersson y *C. calisaya* Wedd. (Rubiaceae). Tesis para optar el Título Profesional de Bióloga con mención en Botánica. UNMSM. Lima – Perú. Revisado: 17 abril 2020 Recuperado: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7449/Cancho_cs.pdf?sequence=3&isAllowed=y

- Cañizares, A. E. y Jaramillo, E. E. (2015). El Cultivo de la Maracuyá en Ecuador. Universidad Técnica de Machala. Revisado: 20 jun 2020. Recuperado: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6894>
- Carvajal, L., Turbay, S., Álvarez, L., Rodríguez, A., Alvarez, M., Bonilla, K., Restrepo, S. & Parra, M. (2014). Propiedades funcionales y nutricionales de seis especies de *Passiflora* (Passifloraceae) del departamento del Huila, Colombia. *Caldasia*, 36(1), 1-15. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v36n1.21243>
- Cárdenas, J. F. (2011). Morfología y tratamientos pregerminativos de semillas de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). Universidad Nacional de Colombia. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magíster en Ciencias Agrarias. Revisado: 14 jun 2022 Recuperado: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7906/790717.2011.pdf?sequence=1>
- Cardona, D. (2022). Caracterización genómica de los virus que infectan los cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*) en Antioquia para el apoyo de los programas de certificación de semilla. Universidad Nacional de Colombia. Tesis para optar el grado de Maestría en Ciencias – Biotecnología. Recuperado:<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84714>
- Carranza, C., Castellanos, G., Deaza, D., y Miranda, D. (2016). Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la germinación de semillas de badea (*Passiflora quadrangularis* L.) en condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 284-291. Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5791>
- Carvalho, C. A. D., Silva, J. B. D., Alves, C. Z., Hall, C. F., Cotrim, M. F., & Teixeira, A. V. (2020). Effect of temperature and light on seed germination and seedling growth of *Swietenia macrophylla* King. *Revista Caatinga*, 33, 728-734.
- Castillejo, P. (2014). Cámara germinadora de semillas. Proyecto de titulación para optar el título de ingeniero técnico industrial mecánico. Universidad Pública de Navarra. Revisado: 13 jun 2022 Recuperado: <https://academic.e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/15249/629222.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, N. R., Melgarejo, L. M., & Blair, M. W. (2020). Seed structural variability and germination capacity in *Passiflora edulis* Sims f. *edulis*. *Frontiers in Plant Science*, 11, 509607. doi: 10.3389/fpls.2020.00498
- Castro, J.; Paredes, C. y Muñoz, D. (2009). Cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims var *flavicarpa* Deg.). Gerencia Regional Agraria La Libertad - Trujillo.

- Chávez-Corcuera, G., Torres-Chacón, R., Fernández, E., Elías, R. A., & Gutiérrez, D. L. (2024). Uso de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) como portainjerto para la propagación de especies de *Passiflora* supersect. *Tacsonia* colectadas en Perú. *Revista Forestal del Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales. <https://doi.org/10.21704/rfp.v38i2.2079>
- Chiquillo, H. P., Medina, Y. K., y Días, E. T. (2015). Determinación de la efectividad en injertación, usando como patrón la chulupa en la propagación vegetal de maracuyá (*Passiflora edulis*) en condiciones de Yopal Casanare. Revisado: 4 set 2022 Recuperado: https://www.academia.edu/18122354/Proyecto_de_propagacion_Maracuya_en_Chulupa
- Copete, A. (2011). Efecto de acondicionamientos sobre la calidad fisiológica de semillas y plántulas de *Passiflora edulis*. Tesis para optar al título profesional de Biólogo. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Revisado: 18 jul 2022 Recuperado: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8851/tesis794.pdf;sequence=1>
- Costa, P. R., de Oliveira, J. P. B., de Araújo, A. G. A., Lopes, J. C., Schmildt, E. R., Otoni, W. C., & Alexandre, R. S. (2016). Morphometry 'in vitro-ex vitro' germination and tetrazolium testing of stinking passionflower [*Passiflora foetida* 'var.' *glaziovii* Killip] (Passifloraceae) seeds. *Australian Journal of Crop Science*, 10(8), 1075-1082. DOI:10.21475/ajcs.2016.10.08. p7175
- Cruz, B. (2019). Grados de temperatura, intensidades de luz y porcentajes de humedad relativa en la germinación de la cañihua (*Chenopodium canihua* Cook). Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Revisado: 14 jun 2022 Recuperado: http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13425/Cruz_Calizaya_Bladimir.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Da Silva, M. D. S. A., Yamashita, O. M., Rossi, A. A. B., Concenço, G., de Carvalho, M. A. C., & De Sá, M. E. (2020). Influência da luz e temperatura na germinação de sementes de *Macroptilium lathyroides*, SAJEBTT, Rio Branco, UFAC v. 7 n. 1, ISSN: 2446-4821
- De Araujo, F. P., de Melo, N. F., Valeriano, J., & Coelho, M. (2012). Germinação de sementes e produção de mudas de maracujá-do-mato. Recuperado: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/943156/1/INT102.pdf>
- De Escobar, L. A. (1985). Biología reproductiva de *Passiflora manicata* e hibridación con la curuba, *Passiflora mollissima*. *Actualidades biológicas*, 14(54), 1-11. Revisado: 18 jul 2022 Recuperado: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/330158/20786420>

- De Oliveira Júnior, M. X., São José, A. R., Rebouças, T. N. H., Morais, O. M., & Dourado, F. W. N. (2010). Superación de dormência de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.). *Revista Brasileira De Fruticultura*, 32(2), 584–590. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000045>
- De Souza, G. T., Da Silva, A. L., Andrade, D., Rosas, T., & Bezerra, S. A. (2018). Influência da qualidade de luz na germinação de alface (*Lactuca sativa* L.). III Congresso Internacional das Ciências Agrárias. DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00542>
- Deginani, N. B., & Novara, L. (1999). Passifloraceae. Flora del valle de Lerma. Aportes Botánicos de Salta-Serie Flora, 6(2), 1-24. Revisado: 20 jun 2022 Recuperado: <http://eprints.natura.unsa.edu.ar/361/1/PASSIFLORACEAE.pdf>
- Delanoy, M., Van Damme, P., Scheldeman, X., & Beltran, J. (2006). Germination of *Passiflora mollissima* (Kunth) LH Bailey, *Passiflora tricuspidis* Mast. and *Passiflora* nov sp. seeds. *Scientia Horticulturae*, 110(2), 198-203. doi: 10.1016/j.scienta.2006.07.007
- Díaz, G., Rodríguez, G.A., Montana, L., Miranda, T. C., Basso, C., & Arcia, M. A. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes y *Trichoderma* sobre el crecimiento en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en vivero. *Bioagro*,32(3), 195-204. Revisado: 21 jul 2022 Recuperado: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7901981>
- Dos Santos Silva, P. D., Batista, I. C. C., De Almeida Souza, L. G., Pimenta, A. M. L., Faria, R. A. N., Mendes, G. R., ... & Alves, R. M. (2022). Quality index of passionfruit seedlings by using physically parameters. *Journal of Agricultural Science*. Vol. 14, No. 4 URL: <https://doi.org/10.5539/jas.v14n4p136>
- Echeverría, M. A. (1997). Determinación del inicio de la capacidad germinativa y tratamientos más adecuados para la germinación de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* Deg.). Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Revisado: 25 abril 2020 Recuperado: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c6c74ec4-7182-4eb4-945e-9991979acd21/content>
- Escobar, Y. N. (2011). Efecto del acondicionamiento hídrico y osmótico sobre la calidad de semillas y plántulas de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). Revisado: 17 jun 2022 Recuperado: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8878/tesis815.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Excel. (2016). Programa estadístico de Microsoft. [Aparato y software]

- Ferreira, B. C. V., Cardoso, A. V. R., & De Assis, M. Â. C. (2019). Influência da luminosidade e do hormônio giberelina (ga3) na germinação de sementes e crescimento da parte aérea de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.) Solanaceae. *Revista Acadêmica Conecta FASF* 4(1): 67-77
- Ferreira, G., Detoni, A. M., Tesser, S. M., & Malavasi, M. M. (2002). Avaliação de métodos de extração do arilo e tratamento com ethephon em sementes de *Passiflora giberti* NE Brown pelos testes de germinação e de tetrazólio. *Revista Brasileira de Sementes*, 24, 248-253. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100035>
- Flores, M. A., Ortega, W., & Ortega, A. (2020). Evaluación de tratamientos pregerminativos en semillas de *Euterpe precatoria* Mart. (Huasaí) en la ciudad de Pucallpa-Perú. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 8(1), 88-103 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692020000100088&lng=es&tlng=es.
- Flores, P.; Poggi, D.; García, S.; Catraro, M. y Gariglio, N. (2017). Ruptura de la dormición y exigencias de luz para la germinación de semillas de *Juglans nigra*. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 16(2). Santa Fe- Argentina
- Fonseca, A. M., Geraldi, M. V., Junior, M. R. M., Silvestre, A. J., & Rocha, S. M. (2022). Purple passion fruit (*Passiflora edulis* f. *edulis*): A comprehensive review on the nutritional value, phytochemical profile and associated health effects. *Food Research International*, 160, 111665. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111665>
- García, I. (2021). Estudio para la mejora de la germinación de semillas de alcaparra (*Capparis spinosa* L.). Trabajo Fin de Máster Universitario en Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Valencia. Revisado: 14 jun 2021 Recuperado: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/174075/Garcia%20-%20Estudio%20para%20la%20mejora%20de%20la%20germinacion%20de%20semillas%20de%20alcaparra%20Capparis%20spinosa%20L.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, F. P. y Villamil, J. M. P. (2001). Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General de Estructuras. Revisado: 13 jun 2022 Recuperado: <https://www.coiacic.es/wp-content/uploads/2016/05/Viabilidad.pdf>
- Giménez, T., Mamani, F., y Canaviri, W. (2017). El arte de cultivar cañahua. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Revisado: 20 jun 2022 Recuperado: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3005/BVE17068914e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ghosh, A., Dey, K., Bauri, F. K., & Dey, A. N. (2017). Effects of different pre- germination treatment methods on the germination and seedling growth of yellowpassion fruit

(*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*). Int J Curr Microbiol Appl Sci, 6(4), 630-636.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.077>

González-Zertuche, L., y Orozco-Segovia, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. Botanical Sciences, (58), 15-30.

Guan, B., Zhou, D., Zhang, H., Tian, Y., Japhet, W., & Wang, P. (2009). Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. Journal of Arid Environments, 73(1), 135-138. doi: 10.1016/j.jaridenv.2008.08.009

Gurvich, D.E., Lorenzati, M.A., Sosa-Pivatto, M., Bauk, K. & Barroso, FL (2021). Effects of long-term seed storage on germination of 13 cactus species from central Argentina. Journal of Arid Environments, 185, 104382. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104382>

Gutiérrez, M.; Miranda, D. y Cárdenas-Hernández, J. (2011). Efecto de tratamientos pregerminativos sobre la germinación de semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.), granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) y cholupa (*Passiflora maliformis* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas - Vol. 5 - No. 2 - pp. 209-219.

Hartmann, H. & Kester, D. (1990). Propagación de plantas. Principios y prácticas. 4a. impresión. México: CECSA. Revisado: 15 jun 2022

Hernández-Núñez, H. E., Gasca-Moreno, C. A., Olaya-Motta, B. E., Celis-Hernández, M. D. y Molina, Y. S. (2016). Efecto de la luz y escarificación sobre la germinación de semillas de Borojó (*Borojoa patinoi*, Cuatrec). Momentos de Ciencia, 13(1). ISSN 1692-5491 Revisado: 12 jun 2022

Hernández-Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. Sexta Edición. Editorial McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. México.

Hong, T. D., Linington, S., & Ellis, R. H. (1996). Seed storage behavior: a compendium. Handbooks for Genebanks: No. 4. International Plant Genetic Resources Institute. Revisado: 20 jun 2022 Recuperado: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/105158/Seed_storage_behavior_a_compendium_1576.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Hong, T. D. y Ellis, R. H. (s.a). Almacenamiento. Capítulo 3. Manual de Semillas de Árboles Tropicales. Facultad de Agricultura. Universidad de Reading, Reino Unido. Revisado: 12 jun 2022

Infostat. (2020). Software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Universidad Nacional de Córdoba. Versión en español. [Software de computador] <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=15>

- Instituto Nacional de Investigación Agraria. (2 de diciembre de 2021). INIA evalúa accesiones élite de maracuyá para generar material de alta calidad genética en el país. <https://www.gob.pe/institucion/inia/noticias/566889-inia-evalua-accesiones-elite-de-maracuya-para-generar-material-de-alta-calidad-genetica-en-el-pais> Revisado: 17 may 2024
- Instituto Nacional de Investigación Agraria. (21 de noviembre de 2019). INIA trabaja en identificar semillas de maracuyá de alta calidad genética para exportación. <https://www.inia.gob.pe/2019-nota-144/> Revisado: 17 may 2024
- International Seed Testing Association. (2018). *The Handbook on Seedling Evaluation*. 4th Edition.
- International Seed Testing Association. (2016). Reglas internacionales para el análisis de las semillas. Montevideo, Uruguay. Revisado: 12 jun 2022 Recuperado: https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf
- International Seed Testing Association. (2003). *Working Sheets on Tetrazolium Testing*. Vol. I, 1st Edition, Supplement. Agricultural, vegetable, and horticultural species with supplements. Bassersdorf: ISTA.
- Jaffer, F., Pingale, M., Sapale, P., & Padval, S. (2017). Effect of microwave treated water on germination of chickpea seeds. *Scholarly Research Journal for Humanity Science and English Language*, 4, 4956-4960. Revisado: 25 jun 2022.
- Jaramillo, J., Cárdenas, J. y Orozco, J. (2009). *Manual sobre el cultivo del Maracuyá en Colombia*. Revisado: 16 jun 2022 Recuperado: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13329/43718_55460.pdf?s
- Javid, M. M., Mahmood, A., Alshaya, D. S., AlKahtani, M., Waheed, H., Wasaya, A., Khan, S. A., Naqve, M., Haider, I., Shahid, M. A., Nadeem, M. A., Azmat, S., Khan, B. A., Balal, R. M., Attia, K. A., & Fiaz, S. (2022). Influence of environmental factors on seed germination and seedling characteristics of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Scientific reports*, 12(1), 9522. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13416-6>
- Jia, X.; Wang, Y.; Jiang, J.; Xiong, R.; Zhang, Z.; Yang, R.; & Cao, G. (2020). Effects of Different Light and Temperature Treatments on Seed Germination and Seedling Growth of Vegetables. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 598 (2020) 012108 doi:10.1088/1755-1315/598/1/012108
- Jiang, A., Guo, Z., Pan, J., Yang, Y., Zhuang, Y., Zuo, D., Hao, C., Gao, Z., Xin, P., Chu, J., Zhong, S., & Li, L. (2021). The PIF1-miR408-PLANTACYANIN repression cascade regulates light-dependent seed germination. *The Plant Cell* 2021: 0: 1–24 doi:10.1093/plcell/koab060

- Junghans, T. G., Da Silva, L. F., De Jesus, O. N., & Marques, G. C. (2012). Estádios de maturação do fruto na emergência de plântulas de *Passiflora alata*. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 22., 2012, Bento Gonçalves. Anais. Bento Gonçalves- RS. Recuperado: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/943646>
- Koyro, H. W. (2006). Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.), 56(2), 136–146. doi: 10.1016/j.envexpbot.2005.02.001
- Landázuri, P., Loango, N., Aguillón, J., Restrepo, B., Arismendi, J., Monsalve, V., & Maldonado, M. E. (2021). Descripción, características y beneficios de *Passiflora edulis*: parchita, fruto de la pasión, maracuyá. Universidad Pontificia Bolivariana. Revisado: 21 jul 2022 Recuperado: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9567/Descripcion%20caracteristicas%20maracuya.pdf?sequence=1>
- Liang, D., Yousef, A.F., Wei, X. Ali, M. M, Yu, W., Yang, L., Oelmüller, R. & Chen, F. (2021). Increasing the performance of Passion fruit (*Passiflora edulis*) seedlings by LED light regimes. Sci Rep 11, 20967. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00103-1>
- Linares, C. (1972). Efecto de luz, sustrato y profundidad de siembra en la germinación del *Eucaliptus globulus* Labill. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal, UNALM
- Loayza, J. y Pozo, E. 2010. Cultivo de maracuyá. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA - Serie Folleto N° 2 – 10. Lima.
- López, A., López, E., y Gil, A. (2018). Efecto de la luz en la germinación de semillas de *Pterocarpus rohrii* Vahl. SCIÉENDO, 21(4), 417-419.
- Mabundza, R., Wahome, P.K., & Masarirambi, M.T. (2010). Effects of different pre-germination treatment methods on the germination of passion (*Passiflora edulis*) seeds. J. Agric. Soc. Sci., 6: 57–60 ISSN Print: 1813–2235; ISSN Online: 1814–960X
- Marciel, K. S., de Lima, P. A. M., Madalon, F. Z., de Paiva Caetano Bucker Moraes, S., Alexandre, R. S., & Lopez, J. C. (2018). The physiological quality of the seeds of passion fruit (*Passiflora* spp.) grown at different altitudes. Australian Journal of Crop Science, 12(6), 937-342. doi: 10.21475/ajcs.18.12.06. PNE987
- Mangena, P. (2021). Analysis of correlation between seed vigour, germination and multiple shoot induction in soybean (*Glycine max* L. Merr.). Heliyon, 7 (9), e07913. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07913>
- Manhone, P. R., Lopes, J. C., Alexandre, R. S., Lima, P. A. M., Lopes, S. O., Mengarda, L. H. G., & Mello, T. (2024). Plant growth regulators and mobilization of reserves in imbibition phases of yellow passion fruit. Brazilian Journal of Biology, 84, e273999.

<https://doi.org/10.1590/1519-6984.273999>

- Manrique, J. P. (2006). Efecto del medio básico, carbón activado, ácido giberélico y calidad de luz en la germinación in vitro de *Masdevallia auropurpurea* Reich. *Revista Científica*, (9), 117-141. <https://doi.org/10.14483/23448350.354>
- Marín, L. (2016). Estudio de la influencia de diferentes longitudes de onda de luz LED en la germinación de una orquídea *Encyclia sp.* Trabajo de Conclusión de Curso presentado para la obtención del título de Licenciatura en Ciencias Biológicas – Ecología y Biodiversidad. Instituto Latinoamericano de Ciencias de la Vida y la Naturaleza, Foz do Iguaçu. Revisado: 24 jun 2022
Recuperado:
<https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/634/Lucia%20Marin%20Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marqués, G. C., Junghans, T. G., de Jesús, O. N., & Faleiro, F. G. (2013). Estádios de maturação do fruto na emergência de plântulas de *Passiflora suberosa*. 7ª Jornada Científica – Embrapa Mandioca e Fruticultura
- Mattana, E., Daws, M. I., & Bacchetta, G. (2009). Effects of temperature, light and pre-chilling on germination of *Rhamnus persicifolia*, an endemic tree species of Sardinia (Italy). *Seed Science and Technology*, 37(3), 758-764.
- Melgarejo, L. M., Fischer, G., Cuca, L. E., Hernández, M. S., Hoyos, L., Magnitskiy, S., Brochero, H. L., Miranda, D., Álvarez-Flórez, F. G., Ávila, M. C., Delgado, W. A., Mendoza, C., Lizarazo, K., Solarte, M. E., Hurtado, S., Plazas, E. A., García-Morantes, J. L., Ramírez, C. L., Márquez-Niño, F. G., Moreno, D. L., Sandoval, J. L., Flechas, N., Díaz, H. N., Cárdenas, W. T., Torres, E., Cruz, S. M., Toro, G., Paz, V. & Rodríguez, N. (2019). Gulupa (*Passiflora edulis*), curuba (*Passiflora tripartita*), aguacate (*Persea americana*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*): innovaciones. <https://doi.org/10.36385/FCBOG-1-0>
- Mérai, Z., Graeber, K., Wilhelmsson, P., Ullrich, K., Arshad, W., Grosche, C., Tarkowská, D., Turečková, Strnad, M., Rensing, S. A., Leubner - Metzger, G. & Scheid, O. M. (2019). *Aethionema arabicum*: a novel model plant to study the light control of seed germination. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 70, No. 12 pp. 3313–3328, 2019 doi:10.1093/jxb/erz146
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (s.f.). Maracuyá. *Revista Agronomía Costarricense*. Revisado: 19 enero 2024. Recuperado: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658maracuya.pdf>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). Regras para Análise de Sementes (RAS). Brasília. Recuperado: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf Revisado: 14 jul 2023

- Monje, C. A. (2011). Metodología de la investigación Cualitativa y Cuantitativa. Guía didáctica. Universidad Surcolombiana. Programa de Comunicación Social y Periodismo.
- Motsa, M.M.; Slabbert, M.M.; van Averbek, W.; Morey, L. (2015). Effect of light and temperature on seed germination of selected African leafy vegetables. *South African Journal of Botany*, 99(), 29–35. doi: 10.1016/j.sajb.2015.03.185
- Nasser, N. P. A. (2018). Efeito do fotoperíodo na germinação de sementes de *Bromelia antiacantha* Bertol. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação para obtenção de grau de bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul. Revisado: 25 jun 2022. Recuperado: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2386/1/NASSER.pdf>
- Nasser, N. P. A., Scheeren, N. B., Ramos, R. F., Bellé, C., Nora, D., & Betemps, D. L. (2019). Germinação de sementes de *Bromelia antiacantha* em diferentes fotoperíodos. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, 5(3), 296-301. DOI: <http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.53.296-301>
- Niño-Hernandez, J. C., Moreno, D. F., Ruiz-Berrío, H. D., Balaguera-López, H. E. y Magnitskiy, S. (2020). Luz, giberelinas y profundidad de siembra inciden sobre la germinación de semillas de *Amaranthus hybridus* L. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). <http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1545>
- Norma Rojas AgroNegociosPerú. (12 ago 2022). Perú mejora genética del maracuyá y será otra estrella de la agroexportación. [archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ILNoppZnuOM&t=163s>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (s.f). Capítulo 1. Cosecha <https://www.fao.org/4/y4893s/y4893s04.htm>
- Ortega, A. (2006). Estudio en la fisiología de semillas de *Passiflora rubra* en dos épocas de colecta en el jardín botánico del Quindío. Bogotá, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana
- Ospina, J.A., C.L., Guevara, L.E., Caicedo & V. Barney. (2000). Effects of moisture content on *Passiflora* seed viability after immersion in liquid nitrogen. *JIRCAS International Agriculture Series* 8, 378-381. Revisado: 17 jun 2022 Recuperado: https://www.researchgate.net/profile/Barbara-M-Reed/publication/222714517_Replacement_of_cold_acclimatization_with_high_sucrose_pretreatment_in_black_currant_cryopreservation/links/02e7e52ebd99047d18000000/Replacement-of-cold-acclimatization-with-high-sucrose-pretreatment-in-black-currant-cryopreservation.pdf#page=44
- Ozarowski, M., & Thiem, B. (2013). Progress in micropropagation of *Passiflora* spp. to produce medicinal plants: a mini-review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23, 937-947. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2013000600011>

- Paniagua-Pardo, G., Hernández-Aguilar, C., Rico-Martínez, F., Domínguez-Pacheco, F. A., Martínez-Ortiz, E., & Martínez-González, C. L. (2015). Efecto de la luz LED de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Polibotánica*, (40), 199-212. *Passiflora edulis* fo. *flavicarpa* Degener-Otto, *Fl. Hawaiiensis* Fam. 250 (1932). (<https://www.tropicos.org/name/24200499>)
- Passos, I. R. D. S., Matos, G. V. D. C., Meletti, L. M. M., Scott, M. D. S., Bernacci, L. C., & Vieira, M. A. R. (2004). Utilização do ácido giberélico para a quebra de dormência de sementes de *Passiflora nitida* Kunth germinadas in vitro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26, 380-381. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000200051>
- Peng, D.-L., Yang, L.-E., Yang, J. & Li, Z. M. (2021). Seed Dormancy and Soil Seed Bank of the Two Alpine *Primula* Species in the Hengduan Mountains of Southwest China. *Frontiers in Plant Science* 12. doi:10.3389/fpls.2021.582536
- Pereira, Z. C., dos Anjos Cruz, J. M., Corrêa, R. F., Sanches, E. A., Campelo, P. H., & de Araújo Bezerra, J. (2023). Passion fruit (*Passiflora* spp.) pulp: A review on bioactive properties, health benefits and technological potential. *Food Research International*, 166, 112626. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112626>
- Perez, V. M.; Scandaliaris, M.; Arias, C. V.; Perissé, P. (2022). Caracterización morfo-anatómica de semillas y plántulas de *Passiflora caerulea*, *P. mooreana* y *P. morifolia* (Passifloraceae). *Lilloa* 59 (2): 247-267. doi: <https://doi.org/10.30550/j.lil/2022.59.2/2022.10.31>
- Pérez-Cortez, S., Tillet, S., y Escala, M. (2002). Estudio morfológico de la semilla de 51 especies del género *Passiflora* L. *Acta Botánica Venezolana*, 25(1), 67-96. ISSN 0084-5906
- Pérez-Martínez, L. V., Rodríguez-Castillo, N. A., Ríos, O. V., & Melgarejo, L. M. (2014). Germinación y dormancia de semillas. Semillas de plantas de páramo: ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica, 63-113. <https://www.researchgate.net/publication/324808113>
- Perez, D., Guadamuz, A., Espinoza, R., Masís, A. y Chavarría, F. (1998). Species Page de *Passiflora edulis* (Passifloraceae), 18 setiembre 1998. Species Home Pages, Area de Conservación Guanacaste, Costa Rica. <http://www.acguanacaste.ac.cr>
- Porras, Y.C., Pedreros, M.C., Reyes, W.L. y Balaguera-López, H.E. (2020). Efecto de la luz sobre la germinación de semillas de “champa” (*Campomanesia lineatifolia* R.& P.). *Ciencia y Agricultura*, 17 (2), 23-31.
- Posada, P., Ocampo, J., y Santos, L. G. (2014). Estudio del comportamiento fisiológico de la semilla de tres especies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae) como una contribución para la conservación ex situ. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 9–19. <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i1.2796>

- Ramin, A. A. (2006): Effects of Salinity and Temperature on Germination and Seedling Establishment of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, 11:4, 81-90. http://dx.doi.org/10.1300/J044v11n04_09
- Ramos, M. G. D. C., Crisostomo, N. M. S., Da Silva, C. L., Berto, T. D. S., Da Costa, E.A., Junior, J. L. D. A. M. & De Andrade Melo, L. D. F. (2018). Efeito da luz e temperatura na germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.). Revista Ciência Agrícola, 16, 59-63.
- Ranjbar, F., Koocheki, A., Nassiri, M., & Kamayestani, N. (2013). Cardinal temperatures and germination properties of Fennel (*Foeniculum vulgare*). Seed Research 3 (3), 61–68. Revisado: 19 jun 2022 Recuperado: <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=380573>
- Riveros, N. (2012). Efecto del Ácido Giberélico y la Luz sobre la Germinación de semillas de *Passiflora tripartita* var. *mollissima*. Tesis para el título profesional de Biólogo, Universidad Nacional de Trujillo. Revisado: 14 jun 2022 Recuperado: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4733/Riveros%20Geronimo%2c%20Noly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Roa, C. E. (2017). Efecto de la estratificación sobre la germinación de semillas de badea (*Passiflora quadrangularis* L.). Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Profesional Agrónomo, Escuela de Ciencias Agrarias Pecuarias y del Medio Ambiente, Colombia. Revisado: 20 jun 2022 Recuperado: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/17525/5821408.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Rodríguez, I., Adam, G., y Durán, J. M. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. Agricultura Revista Agropecuaria 78(912), 836- 842. Revisado: 20 jun 2022 Recuperado: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_2008_912_836_842.pdf
- Romero-Murcia, J. E. (2018). Conservación ex situ de semillas de cuatro especies andinas de *Passiflora*. AgroProductividad, 11(3), 75+. <https://link.gale.com/apps/doc/A541776242/IFME?u=anon~6a392b82&sid=googleScholar&xid=36c13794>
- Sabater, F. (1973). La luz como factor ambiental para las plantas. Anales de la Universidad de Murcia (Ciencias). Revisado: 18 jun 2022 Recuperado: <https://revistas.um.es/analesumciencias/article/view/102821/97751>
- Salazar Mercado, S. A., Botello Delgado, E. A., & Quintero Caleño, J. D. (2020). Optimización de la prueba de tetrazolio para evaluar la viabilidad en semillas de *Solanum lycopersicum* L. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1344

- Saldívar-Iglesias, P., Laguna-Cerda, A., Gutiérrez-Rodríguez, F., y Domínguez-Galindo, M. (2010). Ácido giberélico en la germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* (Cav.) JL Gentry. *Agronomía mesoamericana*, 21(2), 327-331.
- Sanoubar, R; Calone, R.; Noli, E. & Barbanti, L. (2018). Data on seed germination using LED versus fluorescent light under growth chamber conditions. *Data in Brief*, 19, 594–600. doi: 10.1016/j.dib.2018.05.040
- Savaedi, Z.; Parmoon, G.; Moosavi, S.A. & Abdolmehdi, A. (2019). The role of light and Gibberellic Acid on cardinal temperatures and thermal time required for germination of Charnushka (*Nigella sativa*) seed. *Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran. Industrial Crops and Products*, 132, 140–149. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.02.025
- Schmidt, L. (2000). Guide to handling of tropical and subtropical forest seed. Humlebaek: DANIDA Forest Seed Centre. Revisado: 20 jun 2022
Recuperado:
[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1296918](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1296918)
- Silva, M. S. A., Yamashita, O. M., Concenco, G., Souza, M. D. A., & Rodrigues, C. (2018). Métodos de superação de dormência em sementes de *Macroptilium lathyroides* e influência da luz e da temperatura na germinação. *Ambiência*, 14(3), 579-593. DOI:10.5935/ambiencia.2018.03.11
- Silva, K. A., Rocha, W. S., Monteiro, S. P., Nascimento, I. R., & Momenté, V. G. (2021). Germinação de sementes de *Mentha spp.* em função do comprimento de onda de luz. *desafios-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, 8(2), 66-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uftv8-9957>
- Souto, A. G. D. L., Costa, J. C. F. D., Campos, N. L. F., Azevedo, J. L. F. D., & Santos, C. E. M. D. (2017). Effect of temperature on passion fruit emergence and seedling vigor. *Journal of Seed Science*, 39, 050-057. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v39n1169920>
- Souza, A. M. B. D. (2021). Temperaturas e regimes de luz na germinação de sementes de *Areca vestiaria* e *Areca triandra*. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, para obtenção do título de mestre em Agronomia (Produção Vegetal). Revisado: 24 jun 2022
Recuperado:
https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/214581/souza_amb_me_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Tecnal. (s.a.). Prueba de vigor y germinación como parámetros en la calidad de las semillas. Blog. Revisado: 13 jun 2022
Recuperado:
https://tecnal.com.br/es/blog/203_prueba_de_vigor_y_germinacion_como_parametros_en_la_calidad_de_semillas

- Teoría de la iluminación. (s.f). Recuperado de: <https://www.bega.com/es-es/conocimientos/teoria-de-la-iluminacion/23dCzoxZjd9cCHT6OOmYhC/>
Revisado: 18 jul 2022
- Teorías de la luz. (2019). Recuperado de: <https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-la-luz/teor%C3%ADas-de-la-luz/>
Revisado: 18 jul 2022
- Tito, Y. V. (2020). Longevidad de semilla sexual de seis especies silvestres de Papa (*Solanum spp.*) almacenadas en cámara fría. Tesis para optar el título de: Ingeniera Agrónoma. UNALM. Revisado: 13 jun 2022 Recuperado: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4605/tito-jauregui-yasmin-vanessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (2019). Manual del curso de Métodos Estadísticos para la Investigación I. Departamento Académico de Estadística e Informática de la Facultad de Economía y Planificación.
- Vadillo, G., Suni, M., y Cano, A. (2004). Viabilidad y germinación de semillas de *Puya raimondii* Harms (Bromeliaceae). Revista Peruana de Biología, 11(1), 71-78.
- Vega-Corrales, E., Campos-Sánchez, V., Monge-Vargas, A. A., Bertsch-Hernández, S., y Vargas-Ramírez, E. (2022). Morfología y optimización de prueba de viabilidad en semillas de *Passiflora spp.* de Costa Rica. Agronomy Mesoamerican, 51567- 51567.
- Vicente, M. J., Martínez-Díaz, E., Martínez-Sánchez, J. J., Franco, J. A., Bañón, S., & Conesa, E. (2020). Effect of light, temperature, and salinity and drought stresses on seed germination of *Hypericum ericoides*, a wild plant with ornamental potential. Scientia Horticulturae, 270, 109433. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109433
- Vilchez, G. (2004). Influencia del tiempo de almacenamiento e intensidad de luz en la germinación de semillas de Capirona *Calycophyllum Spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumann. Tesis para optar el para optar el título de: Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali. Revisado: 14 jun 2022 Recuperado: <http://www.repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/1826/000000558T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Waite, B., Statton, J. & Kendrick, G.A. (2021). Temperature Stratification and Monochromatic Light Break Dormancy and Facilitate On-Demand In Situ Germination in the Seagrass *Halophila ovalis*, with Seed Viability Determined by a Novel X-Ray Analysis. Estuaries y Costas, 44 (2), 412-421. <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00842-w>
- Wu, H., Asaduzzaman, M., Shephard, A., Hopwood, M., & Ma, X. (2020). Germination and emergence characteristics of prickly lettuce (*Lactuca serriola* L.). Crop Protection, 136, 105222. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105222>

Yan, A. y Chen, Z. (2020). The Control of Seed Dormancy and Germination by Temperature, Light and Nitrate. *The Botanical Review*, 86 (1), 39-75. <https://doi.org/10.1007/s12229-020-09220-4>

Zevallos, P. A., y De la Cruz, H. (1991). Tratamientos pregerminativos y repique de regeneración natural en vivero con cinco especies forestales de Cajamarca. *Revista Forestal del Perú*, 1991, Vol. 18, No. 1, 39-46 ref. 11. Facultad de Ciencias Forestales, UNALM.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Factores de estudio

Factor A: Tipo de luz	Factor B: Tipo de semillas en función a la escarificación micropilar
a1. Luz tipo LED	b1. Semillas con escarificación micropilar
a2. Luz tipo Fluorescente	b2. Semillas sin escarificación micropilar
a3. Sin luz (oscuridad)	

Anexo 2: Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Y_{ijk} : porcentaje de germinación de las semillas de maracuyá obtenida del i-ésimo tipo de luz, y j-ésimo tipo de semilla en la k-ésima repetición.

μ : Efecto de la media general del porcentaje de germinación de las semillas de maracuyá

α_i : Efecto debido de la variación del tipo de luz.

β_j : Efecto de la j-ésimo tipo de semilla.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción de la variación del tipo de luz con la j-ésimo tipo de semilla.

ϵ_{ij} : Efecto del error experimental obtenida de la interacción de la variación del tipo de luz LED, fluorescente o de oscuridad con el tipo de semilla con o sin escarificación micropilar.

Anexo 3: Descripción de las variables y factores de estudio

Tipo de Luz	Tipo de semillas
<p>Variable cualitativa nominal el cual se establece por la presencia o ausencia de luz en las cámaras de germinación. Esta variable permitirá establecer si la especie será fotoblástica positiva o negativa, otendrá un comportamiento indiferente a la luz. Asimismo, en caso de un comportamiento fotoblástico positivo de las semillas, es importante para conocer silas calidades de la fuente lumínica influyen o no de manera significativa en los porcentajes de germinación de las semillas en interacción con los otros factores señalados</p>	<p>Es una variable del tipo cualitativa nominal. Esta variable permite conocer si la escarificación micropilar influye de manera significativa en los porcentajes de la germinación de las semillas bajo luz tipo LED, fluorescente o en oscuridad.</p>

Anexo 4: Tratamientos de estudio en base a los factores de estudio

- a1b1:** Luz tipo LED / semillas con escarificación micropilar
- a1b2:** Luz tipo LED / semillas sin escarificación micropilar
- a2b1:** Luz tipo fluorescente/ semillas con escarificación micropilar
- a2b2:** Luz tipo fluorescente / semillas sin escarificación micropilar
- a3b1:** Sin luz (oscuridad) /semillas con escarificación micropilar
- a3b2:** Sin luz (oscuridad) /semillas sin escarificación micropilar

Anexo 5: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de luz LED para semillas con escarificación micropilar en *Passiflora edulis*

(fecha de siembra: 25/07/2023)

Días después de la siembra	Repeticiones	N° evaluación (conteo)	Plántulas normales	Plántulas anormales	Semillas duras	Semillas muertas	semillas que no lograron germinar (3ra evaluación)
07 dds		1° (01/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	I	2° (09-08-2023)	0	0	0	0	0
21 dds		3° (15-08-2022)	34	1	0	0	
28 dds		4° (22/08/2023)	54	6	0	0	
38 dds		5° (01/09/2023)	5	0	0	0	
		total	93	7	0	0	100
07 dds		1° (01/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	II	2° (09-08-2023)	0	0	0	0	0
21 dds		3° (15-08-2022)	35	2	0	0	
28 dds		4° (22/08/2023)	51	3	0	4	
38 dds		5° (01/09/2023)	4	1	0	0	
		total	90	6	0	4	100
07 dds		1° (01/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	III	2° (09-08-2023)	0	0	0	0	0
21 dds		3° (15-08-2022)	49	1	0	1	
28 dds		4° (22/08/2023)	44	3	0	1	
38 dds		5° (01/09/2023)	1	0	0	0	
		total	94	4	0	2	100
07 dds		1° (01/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	IV	2° (09-08-2023)	0	0	0	0	0
21 dds		3° (15-08-2022)	53	1	0	0	
28 dds		4° (22/08/2023)	36	0	0	0	
38 dds		5° (01/09/2023)	8	2	0	0	
		total	97	3	0	0	100
Media			93.5	5	0	1.5	100

Anexo 6: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de luz LED para semillas sin escarificación micropilar en *Passiflora edulis*

(Fecha de siembra: 20/07/2023)

Días después de la siembra	Repeticiones	N° evaluación (conteo)	Plántulas normales	Plántulas anormales	Semillas duras	Semillas muertas	semillas que no lograron germinar (4ta evaluación)
7 dds		1° (27-07-2023)	0	0	0	0	
14 dds		2° (03-08-2023)	0	0	0	0	
21 dds		3° (10-08-2023)	8	1	0	0	
33 dds	I	4° (22-08-2022)	20	0	0	1	50
44 dds		5° (01/09/2023)	16	0	0	0	
49 dds		6° (06/09/2023)	1	3	31	19	
		total	45	4	31	20	100
7 dds		1° (27-07-2023)	0	0	0	0	
14 dds		2° (03-08-2023)	0	0	0	0	
21 dds		3° (10-08-2023)	6	0	0	0	
33 dds	II	4° (22-08-2022)	22	0	0	0	54
44 dds		5° (01/09/2023)	13	0	0	0	
49 dds		6° (06/09/2023)	2	3	43	11	
		total	43	3	43	11	100
7 dds		1° (27-07-2023)	0	0	0	0	
14 dds		2° (03-08-2023)	0	0	0	0	
21 dds		3° (10-08-2023)	3	0	0	0	
33 dds	III	4° (22-08-2022)	9	1	0	0	55
44 dds		5° (01/09/2023)	13	0	0	4	
49 dds		6° (06/09/2023)	7	8	37	18	
		total	32	9	37	22	100
7 dds		1° (27-07-2023)	0	0	0	0	
14 dds		2° (03-08-2023)	0	0	0	0	
21 dds		3° (10-08-2023)	12	0	0	0	
33 dds	IV	4° (22-08-2022)	12	9	8	1	53
44 dds		5° (01/09/2023)	0	0	3	0	
49 dds		6° (06/09/2023)	0	2	42	11	
		Total	24	11	53	12	100
Media			36	6.75	41	16.25	100

Anexo 7: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de luz fluorescente para semillas con escarificación micropilar en *Passiflora edulis*

(Fecha de siembra: 16/08/2023)

Días después de la siembra	Repeticiones	N° evaluación (conteo)	Plántulas normales	Plántulas anormales	Semillas duras	Semillas muertas	semillas que no lograron germinar (3ra evaluación)
7 dds		1° (23/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	I	2° (31/08/2023)	0	0	0	0	38
25 dds		3° (08/09/2023)	4	0	0	0	
22 dds		4° (15/09/2023)	10	0	0	1	
29 dds		5° (22/09/2023)	28	19	35	3	
		total	42	19	35	4	100
7 dds		1° (23/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	II	2° (31/08/2023)	0	0	0	0	24
25 dds		3° (08/09/2023)	0	0	0	1	
22 dds		4° (15/09/2023)	16	5	0	0	
29 dds		5° (22/09/2023)	28	26	21	3	
		total	44	31	21	4	100
7 dds		1° (23/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	III	2° (31/08/2023)	0	0	0	0	26
25 dds		3° (08/09/2023)	8	0	0	0	
22 dds		4° (15/09/2023)	24	0	0	0	
29 dds		5° (22/09/2023)	20	22	23	3	
		total	52	22	23	3	100
7 dds		1° (23/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	IV	2° (31/08/2023)	0	0	0	0	23
25 dds		3° (08/09/2023)	4	0	0	0	
22 dds		4° (15/09/2023)	30	6	0	0	
29 dds		5° (22/09/2023)	12	28	20	3	
		total	46	34	20	3	100
Media			46	26.5	24.75	3.5	100.75

Anexo 8: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de luz fluorescente para semillas sin escarificación micropilar en *Passiflora edulis*

(Fecha de siembra: 15/08/2023)

Días después de la siembra	Repeticiones	N° evaluación (conteo)	Plántulas normales	Plántulas anormales	Semillas duras	Semillas muertas	semillas que no lograron germinar (3ra evaluación)
7 dds		1° (22/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	I	2° (29/08/2023)	0	0	0	0	19
25 dds		3° (08/09/2023)	4	0	0	0	
22 dds		4° (15/09/2023)	33	4	0	0	
29 dds		5° (22/09/2023)	16	24	18	1	
		total	53	28	18	1	
7 dds		1° (22/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	II	2° (29/08/2023)	0	0	0	0	25
25 dds		3° (08/09/2023)	4	0	0	0	
22 dds		2° (15/09/2023)	38	1	0	0	
29 dds		3° (22/09/2023)	23	9	24	1	
		total	65	10	24	1	
7 dds		1° (22/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds	III	2° (29/08/2023)	0	0	0	0	27
25 dds		3° (08/09/2023)	1	0	0	0	
22 dds		2° (15/09/2023)	38	10	0	0	
29 dds		3° (22/09/2023)	13	11	26	1	
		total	52	21	26	1	
7 dds		1° (22/08/2023)	0	0	0	0	
15 dds		2° (29/08/2023)	0	0	0	0	31
25 dds		3° (08/09/2023)	2	0	0	0	
22 dds		4° (15/09/2023)	34	5	0	0	
29 dds		5° (22/09/2023)	17	11	31	0	
	total	53	16	31	0	100	
Media			55.75	18.75	24.75	0.75	100

Anexo 9: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de oscuridad para semillas con escarificación micropilar en *Passiflora edulis*

(Fecha de siembra: 26/07/2023)

Días después de la siembra	Repeticiones	N° evaluación (conteo)	Plántulas normales	Plántulas anormales	Semillas duras	Semillas muertas	semillas que no lograron germinar (4ta evaluación)
08 dds		1° (02-08-2023)	0	0	0	0	
15 dds		2° (09-08-2023)	0	0	0	0	
28 dds	I	3° (22-08-2022)	18	0	0	2	22
34 dds		4° (28-08-2022)	6	3	0	0	
43 dds		5° (06/09/2023)	6	4	0	0	
50 dds		6° (13-09-2023)	25	14	21	1	
		total	55	21	21	3	100
08 dds		1° (02-08-2023)	0	0	0	0	
15 dds		2° (09-08-2023)	0	0	0	0	
28 dds	II	3° (22-08-2022)	20	0	0	1	26
34 dds		4° (28-08-2022)	14	1	0	2	
43 dds		5° (06/09/2023)	16	5	0	0	
50 dds		6° (13-09-2023)	8	7	24	2	
		total	58	13	24	5	100
08 dds		1° (02-08-2023)	0	0	0	0	
15 dds		2° (09-08-2023)	0	0	0	0	
28 dds	III	3° (22-08-2022)	23	2	0	1	27
34 dds		4° (28-08-2022)	4	3	0	4	
43 dds		5° (06/09/2023)	15	0	0	0	
50 dds		6° (13-09-2023)	17	4	24	3	
		total	59	9	24	8	100
08 dds		1° (02-08-2023)	0	0	0	0	
15 dds		2° (09-08-2023)	0	0	0	0	
28 dds	IV	3° (22-08-2022)	23	0	0	2	24
34 dds		4° (28-08-2022)	12	0	0	1	
43 dds		5° (06/09/2023)	19	1	0	0	
50 dds		6° (13-09-2023)	12	6	22	2	
		total	66	7	22	5	100
Media			59.5	12.5	22.75	5.25	100

Anexo 10: Resultados de la evaluación de la germinación en condiciones de oscuridad para semillas sin escarificación micropilar en *Passiflora edulis*

(Fecha de siembra: 20/07/ 2023)

Días después de la siembra	Repeticiones	N° evaluación (conteo)	Plántulas normales	Plántulas anormales	Semillas duras	Semillas muertas	semillas que no lograron germinar (4ta evaluación)
7 dds		1° (27-07-2023)	0	0	0	0	
14 dds		2° (03-08-2023)	0	0	0	0	
21 dds	I	3° (09-08-2023)	3	2	0	0	12
34 dds		4° (22-08-2022)	29	0	0	3	
40 dds		5° (28-08-2022)	33	0	0	0	
49 dds		6° (06/09/2023)	12	6	12	0	
		total	77	8	12	3	100
7 dds		1° (27-07-2023)	0	0	0	0	
14 dds		2° (03-08-2023)	0	0	0	0	
21 dds	II	3° (09-08-2023)	1	1	0	0	69
34 dds		4° (22-08-2022)	10	0	0	5	
40 dds		5° (28-08-2022)	9	0	0	0	
49 dds		6° (06/09/2023)	3	2	67	2	
		total	23	3	67	7	100
7 dds		1° (27-07-2023)	0	0	0	0	
14 dds		2° (03-08-2023)	0	0	0	0	
21 dds	III	3° (09-08-2023)	0	0	0	0	48
34 dds		4° (22-08-2022)	4	0	0	2	
40 dds		5° (28-08-2022)	15	0	0	0	
49 dds		6° (06/09/2023)	9	22	46	2	
		total	28	22	46	4	100
7 dds		1° (27-07-2023)	0	0	0	0	
14 dds		2° (03-08-2023)	0	0	0	0	
21 dds	IV	3° (09-08-2023)	1	0	0	0	43
34 dds		4° (22-08-2022)	6	0	0	0	
40 dds		5° (28-08-2022)	10	1	0	0	
49 dds		6° (06/09/2023)	11	28	41	2	
		total	28	29	41	2	100
Media			39	15.5	41.5	4	100

Anexo 11: Tabla resumen de los porcentajes de germinación de los tratamientos

Tipo de semilla	Tipo LED		Tipo de luz Tipo Fluorescente		Sin Luz	
	Semillas con escarificación micropilar	93 94	90 97	42 52	44 46	55 59
Semillas sin escarificación micropilar	45 32	43 24	53 52	65 53	83 28	23 28

Anexo 12: Base de datos de los resultados para el procesamiento de datos mediante el programa Infostat

Porcentaje germinación	Tipo de luz	Tipo de semilla
93	LED	con escarificación micropilar
90	LED	con escarificación micropilar
94	LED	con escarificación micropilar
97	LED	con escarificación micropilar
45	LED	con escarificación micropilar
43	LED	con escarificación micropilar
32	LED	con escarificación micropilar
24	LED	con escarificación micropilar
42	Fluorescente	con escarificación micropilar
44	Fluorescente	con escarificación micropilar
52	Fluorescente	con escarificación micropilar
46	Fluorescente	con escarificación micropilar
53	Fluorescente	sin escarificación micropilar
65	Fluorescente	sin escarificación micropilar
52	Fluorescente	sin escarificación micropilar
53	Fluorescente	sin escarificación micropilar
55	Sin luz	con escarificación micropilar
60	Sin luz	con escarificación micropilar
59	Sin luz	con escarificación micropilar
66	Sin luz	con escarificación micropilar
83	Sin luz	sin escarificación micropilar
23	Sin luz	sin escarificación micropilar
28	Sin luz	sin escarificación micropilar
28	Sin luz	sin escarificación micropilar

Anexo 13: Prueba de Duncan para el factor tipo de semilla con un nivel de significancia de alfa=0.05

Tipo de semilla	Medias	N	E.E.	Agrupación
con escarificación micropilar	66.5	12	3.71	A
sin escarificación micropilar	44.08	12	3.71	B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Anexo 14: Anexo 14. Prueba de Duncan para el factor tipo de luz con un nivel de significancia de alfa=0.05

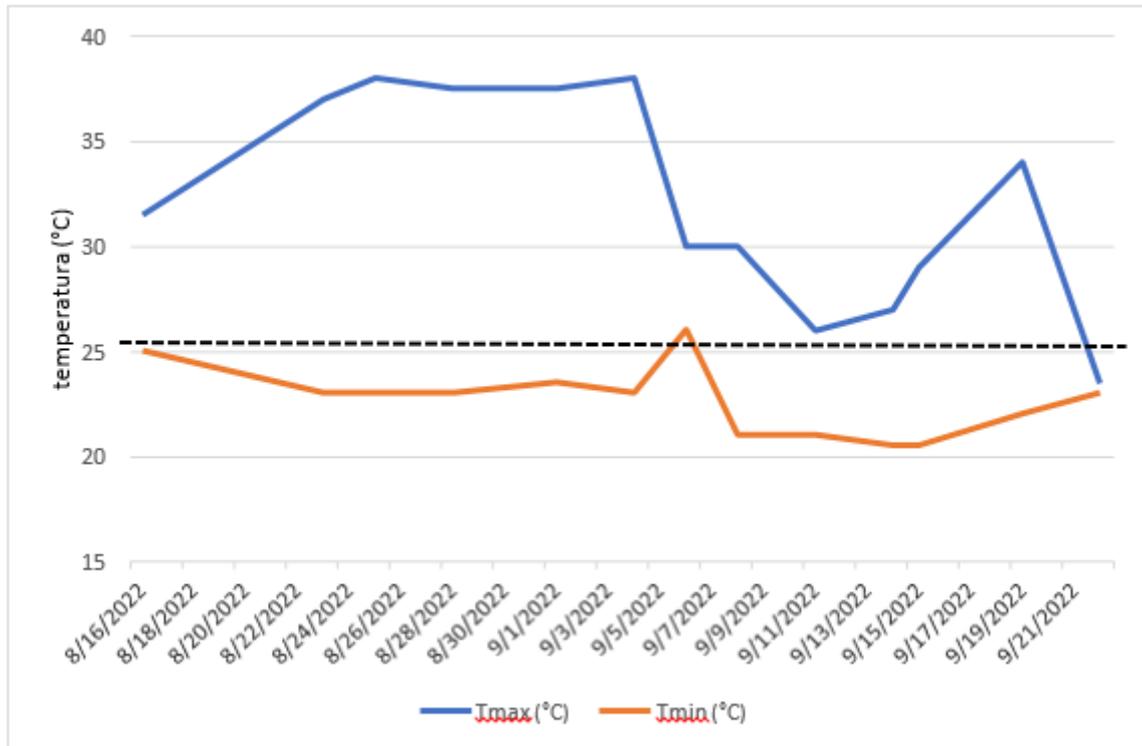
Tipo de luz	Medias	Número de repeticiones	Error Experimental (E.E.)	Agrupación
LED	64.75	8	4.54	A
Fluorescente	50.88	8	4.54	B
Sin luz	50.25	8	4.54	B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Anexo 15: Anexo 15. Registro de las temperaturas máxima y mínima en los tratamientos de germinación bajo lámpara tipo fluorescente

Fecha	T.max (°C)	T.min (°C)
16/08/2022	31.5	25
23/08/2022	37	23
25/08/2022	38	23
28/08/2022	37.5	23
1/09/2022	37.5	23.5
4/09/2022	38	23
6/09/2022	30	26
8/09/2022	30	21
11/09/2022	26	21
14/09/2022	27	20.5
15/09/2022	29	20.5
19/09/2022	34	22
22/09/2022	23.5	23
Media	32.2	22.7

Anexo 16: Anexo 16. Variación de la temperatura máxima y mínima en la cámara de germinación bajo luz tipo fluorescente



Anexo 17: Manual de pruebas de tetrazolio ISTA (2003) (Se observa una gráfica de la tinción de semillas de *Passiflora sp.* para la observación de los patrones de coloración como una guía en la determinación de la viabilidad de las semillas).

