

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y GERMINACIÓN DE LA SEMILLA
DE VALERIANA (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.)**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

MISAEEL HUMBERTO VALDEZ YOPLA

Asesor:

Dr. Juan Francisco Seminario Cunya

CAJAMARCA – PERÚ

2017

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico a Dios, creador y diseñador de la hermosa naturaleza, quien me guio por el buen camino y me brindó la paciencia y las fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin rendirme en el intento.

A mis padres Vicente Valdez y Elsa Yopla, que son las joyas más preciadas en mi vida, por ser un ejemplo a seguir, por su apoyo incondicional, sabios consejos, comprensión y por su gran amor. Ustedes me ayudaron a desarrollarme como persona y a enfrentar las dificultades y retos en la vida.

A mis hermanos Gilmer, Rubén y Samuel por su apoyo, comprensión y su amor, por ayudarme a lograr mis objetivos.

Misael Humberto Valdez Yopla

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la vida, la salud y la sabiduría para realizar esta investigación. Al Dios que hace que todo sea posible.

A mi asesor Dr. Juan Francisco Seminario Cunya, por su apoyo, tiempo, dedicación y paciencia, en la ejecución de este trabajo. Por compartir con mi persona porciones de sabiduría obtenida a través de su experiencia en la investigación.

Al Dr. Alejandro Seminario Cunya y al ing. Juan Montoya por su apoyo y colaboración en el desarrollo de la tesis

A la Universidad Nacional de Cajamarca y a la Escuela Académico Profesional de Agronomía y a todos los docentes que con sus conocimientos contribuyen a formar grandes profesionales.

Misael Humberto Valdez Yopla

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
CAPÍTULO II	4
REVISIÓN LITERARIA.....	4
2.1. Caracterización morfológica	4
2.2. Descripción de la familia Valerianaceae	4
2.3. Tipos de semillas	8
2.4. Las semillas y sus partes.....	9
2.5. Germinación de semillas y factores que la afectan	12
2.6. Latencia en las semillas y las causas que la originan.....	18
2.7. Tratamientos pregerminativos para romper la latencia	21
2.8. Las giberelinas y su uso para mejorar la germinación	24
2.9. Viabilidad y poder germinativo de las semillas	25
2.10. Plántulas	26
CAPÍTULO III	27
MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ubicación del trabajo de investigación.....	27
3.2. Materiales	27
3.3. Metodología	28
3.4. Ensayos realizados.....	30
1. Ensayo de germinación con semillas de tres edades postcosecha a temperatura de laboratorio (19 °C).	30
2. Ensayo de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 25°C.....	31

3. Ensayo de germinación de semillas de tres edades y fotoperiodo de 8 horas de luz y 16 horas oscuridad.	32
4. Ensayo sobre el efecto de tres concentraciones (400, 800 y 1200 ppm) de AG3 y cuatro tiempos de remojo (24, 48, 72 y 96 horas) en la germinación de semillas de cuatro meses de edad postcosecha.	33
CAPÍTULO IV	36
RESULTADOS Y DISCUSIONES	36
4.1. Caracterización morfológica de la semilla de Valeriana	36
4.2. Evaluación de la germinación de semillas y crecimiento de las plántulas de <i>V. pilosa</i>	39
4.3. Ensayos sobre el efecto de la temperatura, luz, fotoperiodo y AG3 en la germinación de semillas, bajo condiciones de laboratorio.	40
4.3.1. Ensayo de germinación con semillas de tres edades postcosecha a temperatura ambiente de laboratorio (19°C).	40
4.3.2. Ensayo de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 25°C.	42
4.3.3. Ensayo sobre el efecto del fotoperiodo (8 horas luz y 16 horas oscuridad) sobre la germinación de semillas de tres edades postcosecha, comparado con la germinación bajo el fotoperiodo de Cajamarca (12 horas luz 12 Horas oscuridad)	45
4.3.4. Ensayo sobre el efecto de tres concentraciones (400, 800 y 1200 ppm) de AG3 y cuatro tiempos de remojo (24, 48, 72 y 96 horas) en la germinación de semillas.	48
CAPÍTULO V	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
4.1. Conclusiones	50
4.2.Recomendaciones.	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	55

RESUMEN

Los objetivos de la presente investigación fueron describir la morfología del fruto (el cual, desde el punto de vista agronómico constituye la semilla) de *Valeriana pilosa* y determinar el efecto de cuatro factores ambientales en la germinación de semillas valeriana (edad poscosecha, temperatura, fotoperiodo y ácido giberélico-AG₃). La morfología del fruto se describió por el color, forma, características del papus, tamaño y peso de 1000 frutos. En la germinación, se probaron temperaturas de 19°C y 25°C, con semillas de 2, 4 y 6 meses de edad poscosecha. Se probó el fotoperiodo de 16 horas de oscuridad y 8 horas de luz. Se probaron tres concentraciones de AG₃ con cuatro tiempos de remojo de las semillas (24, 48, 72 y 96 horas, respectivamente). En todos los ensayos se usó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones. El fruto de valeriana es un aquenio, de color marrón, con papus de 5 a 6 filamentos pilosos, mide de 1.5 a 2 mm de largo y 0.5 mm de ancho. Mil frutos pesaron 0.01g. Se encontraron diferencias estadísticas significativas para el porcentaje de germinación, entre edades de las semillas a 19°C, 25°C y con fotoperiodo de 16 horas oscuridad y 8 horas luz. Los mejores resultados se obtuvieron con semillas de cuatro meses postcosecha. En el ensayo de tres concentraciones (400, 800 y 1200 ppm) de AG₃ y cuatro tiempos de remojo (24, 48, 72 y 96 horas), no se encontró significación estadística para los factores ni para la interacción.

Palabras claves: *Valeriana pilosa*, semilla, edad postcosecha, germinación.

ABSTRACT

The objectives of the present investigation were to describe the morphology of *Valeriana pilosa* (from the agronomic point of view constitutes the seed) and to determine the effect of four environmental factors on the germination of Valerian seeds (post-harvest age, temperature, photoperiod and gibberellic acid-AG3). The fruit's morphology was described by the color, shape, characteristics of the papus, size and weight of 1000 fruits. In the germination, temperatures of 19 ° C and 25 ° C were tested, with seeds of 2, 4 and 6 months of post-harvest age. The photoperiod was tested for 16 hours of darkness and 8 hours of light. Three concentrations of AG3 were tested with four seed soak times (24, 48, 72 and 96 hours, respectively). In all trials, the randomized complete block design (DBCA) with three replicates was used. The Valerian fruit is brown, with papus of 5 to 6 hairy filaments, measuring 1.5 to 2 mm long and 0.5 mm wide. Thousand fruits weighed 0.01g. Significant statistical differences were found for the percentage of germination, between seed ages at 19°C, 25°C and with photoperiod of 16 hours darkness and 8 light hours. The best results were obtained with four-month post-harvest seeds. In the three concentrations test (400, 800 and 1200 ppm) of AG3 and four soak times (24, 48, 72 and 96 hours), no statistical significance was found for the factors or the interaction.

Key words: *Valerian pilosa*, seed, post-harvest age, germination

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En los Andes peruanos existe una gran biodiversidad de especies medicinales, entre ellas, se encuentran las *Valerianaceas* que incluyen hierbas anuales y perennes, las cuales son explotadas con fines económicos (Sánchez 2011). La familia comprende alrededor de 380 especies y 10 géneros distribuidas en todo el mundo, excepto en Australia y las islas del pacífico (Arias 2013). En el Perú existen seis géneros de valeriana y por lo menos 90 especies, de las cuales 55 son endémicas

En la región Cajamarca se registran 12 especies de valerianas (Brako y Zarucchi 1993) y Sánchez (1997) menciona que en la Jalca de Cajamarca existen por lo menos cinco especies de valeriana, entre ellas, *Valeriana pilosa* R. & P., conocida como “valeriana”. Esta especie se recolecta, desde épocas muy antiguas con fines de autoconsumo y de mercado.

La *Valeriana pilosa* es una planta herbácea perenne de hasta 60 cm de altura, incluyendo el escapo floral. Presenta habito y crecimiento arrosetado, debido a que sus hojas son basales (Ramírez *et al.* 2006). El tallo es simple o ramificado, la inflorescencia es una cima en dicasio y el fruto que a la vez constituye la semilla para la propagación es un aquenio (Córdoba 2007).

El fruto de estas especies presenta un papus plumoso que le permite ser dispersado a distancias considerables por el viento. Las posibilidades que caigan al suelo y encuentre condiciones adecuadas para su germinación es baja (40%), debido a su poco peso y al impedimento de la cobertura vegetal (Ramírez *et al.* 2006).

La forma y la superficie de los frutos-semilla proporcionan caracteres taxonómicos precisos, que puede ser utilizados para distinguir las especies, independientes de otros aspectos relacionados con las hojas, flores y formas de crecimiento (Kutschker 2009).

La necesidad de una caracterización morfológica del fruto-semilla se justifica por el conocimiento que se genera sobre la morfología de la especie. En trabajos previos, existen descripciones generales de las características morfológicas del fruto, pero no existe una descripción detallada de la morfología para los materiales de Cajamarca. Asimismo, es necesario conocer los aspectos relacionados con la germinación de la semilla: Porcentaje de germinación, factores que la afectan y cómo acelerar el proceso. Estos estudios básicos son necesarios para el aprovechamiento del germoplasma y el mejoramiento genético.

En la región Cajamarca, existen trabajos iniciales sobre valeriana relacionados con germinación de las semillas. Así por ejemplo, en la investigación “Etnobotánica de la valeriana en la jalca de Cajamarca - Perú” se encontró que el porcentaje de germinación de semillas, no seleccionadas y puestas a germinar después de 1 mes de colectadas, alcanzo el 40% de germinación (Ramírez *et al.* 2006). En el “ensayo de cinco formas de manejo de valeriana (*valeriana pilosa*) en Huanico”, se realizaron pruebas de germinabilidad en condiciones de laboratorio, con semillas tomadas al azar y de 1, 3, 5 meses después de la recolección. Los resultados fueron 39.7% para las semillas de 1 y 5 meses y del 47% para las de 3 meses. Además, cuando se usaron semillas seleccionadas y de 3 meses de edad, la germinación fue de 62.5% (Rumay 2010).

Por otro lado, la institución José Celestino Mutis realizó pruebas de germinación, en las cuales, se registró hasta 30% de germinación (Córdoba 2007). En el pariente cercano, *Valeriana officinalis* se encontró 81.4% de germinación con semillas tratadas con ácido giberélico –AG3– (800 ppm). La germinación más baja fue de 46.96% con 400 ppm de AG3 (Dini *et al.* 2013)

Con los antecedentes descritos, en la presente investigación se describieron las características morfológicas del fruto-semilla y se realizaron pruebas de germinación en laboratorio, utilizando semillas de tres edades postcosecha, dos temperaturas, fotoperiodo de 16 horas de oscuridad y ocho horas de luz y, cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG₃). Estos ensayos de germinación se plantearon, tomando como base los antecedentes de la literatura, en la especie relacionada *V. officinalis*, por no existir antecedentes para la especie en estudio.

1.1. Objetivos:

Objetivo general

- Describir la morfología del fruto-semilla de valeriana y determinar el porcentaje de germinación de la semilla de tres edades postcosecha, bajo dos temperaturas, fotoperiodo y con adición de AG3.

Objetivos específicos:

- Describir la morfología del fruto-semilla de *Valeriana pilosa*
- Determinar el efecto de la edad postcosecha (2 meses, 4 meses y 6 meses) y dos temperaturas (19 °C y 25 °C) en la germinación de la semilla.
- Determinar el efecto del fotoperiodo de 8 horas luz y 16 horas de oscuridad), con semillas de 5 meses de edad postcosecha.
- Determinar el efecto de tres concentraciones de ácido giberélico (400 ppm, 800 ppm, 1200 ppm) con cuatro tiempos de remojo (24 horas, 48 horas, 72 horas y 96 horas), con semillas de 5 meses de edad postcosecha.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Caracterización morfológica

La caracterización morfológica de una planta o de parte de ésta, se define como la descripción de los atributos o características morfológicas. Esta caracterización puede ser útil para diferentes fines y constituye la base del conocimiento de una especie.

En la mayoría de las plantas cultivadas y silvestres, los órganos más importantes para la descripción adecuada son aquellos que menos están influenciados por el ambiente, entre estos los más importantes son la flor y el fruto (Enríquez 2001).

La caracterización morfológica de las plántulas con propósitos agronómicos constituye otra herramienta para su reconocimiento en campo, y contribuye a los estudios de poblaciones y de su capacidad de regeneración natural (Lobery *et al.* 2010).

2.2. Descripción de la familia Valerianaceae

Las especies de esta familia son plantas dioicas, ginodioicas o poligamodioicas; con hojas opuestas, decusadas, simples a pinnatífidas o pinnaticompuestas, a veces envainadoras en la base; pecioladas o apecioladas, estípulas ausentes. Inflorescencias cimosas, comúnmente un tirso compacto, o un dicasio simple o compuesto, flores irregulares; cáliz de cinco sépalos foliáceos, obsoleto o variadamente modificada, comúnmente dividido en numerosos segmentos plumosos que persisten cuando se transforma en fruto. Tienen corola simpétala, rotácea a infundibuliforme, frecuentemente gibosa o espolonada, con cinco lobos imbricados; de uno a cuatro estambres epipétalos, alternos con los lobos de la corola, anteras con dos tecas, dehiscentes longitudinalmente; ovario ínfero, 3-carpelar, con dos lóculos estériles y uno fértil, este con un óvulo sencillo, pendiente, anátropo, un estilo, tres estigmas. El fruto es un aquenio (Arias 2013).

Según Ramírez *et al.* (2004) las Valerianáceas son plantas herbáceas con hojas opuestas, por lo general pinnatífidas, sin estipulas, de flores bracteadas dispuestas en cimas dicotómicas o solitarias en la bifurcaciones de las ramitas con el fruto seco e indehiscente, siempre con una solo semilla.

2.2.1. Descripción de la especie *Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.

V. pilosa es una planta herbácea, perene, de crecimiento arrosetado, el tamaño de la planta varia de 10 cm hasta 60 cm de altura, hojas lanceoladas, enteras con vellosidades al borde de los peciolo y en las nervaduras principales; las tonalidades de las hojas varían de verde claro, hasta verde oscuro, y están distribuidas en la base del tallo, muy próximas entre ellas, adoptando la forma de una estrella (Ramírez *et al.* 2006).

La vaina de la hoja es poco desarrollada, el peciolo evidente y en algunos casos alados; lámina simple, glabra ocasionalmente pilosa sobre la nervadura principal, forma lanceolada o espatulada de 10 – 15 cm de longitud, 0.7 – 1.7 cm de ancho, base poco decurrente hacia el peciolo. El tallo simple o ramificado de 2-5cm de diámetro, de la cual nacen las hojas y con una gran cantidad de yemas vegetativas que originan gran cantidad de hijuelos (Ramírez *et al.* 2006). Presenta escapo floral piloso con entrenudos desarrollados (Sánchez 2011).

La raíz es pivotante simple o furcada, de color amarillento o morado, su sabor es amargo al estado fresco, poco olorosa, pero al estado seco casi insípida pero con un fuerte olor característico (Ibérico y Pajares 2007).

Los mismos autores mencionan que, la inflorescencia es una cima en dicasio, raramente en pleiocasio. Las flores son blancas o verdes liláceas con un aroma fragancioso, gibosas de 2 a 3 mm de longitud la corola presenta 5 lóbulos, 3 estambres diatésicos con dehiscencia longitudinal y con un pistilo alargado que casi alcanza la misma altura que los estambres. El Fruto es un aquenio de 2 a 3 mm de longitud provisto de 6 a 8 papús plumosos que permiten la dispersión anemófila.

Según Córdoba (2007), el fruto es un aquenio de 1.5 a 2 mm de longitud, de color café en estado de madurez, de forma creciente en corte transversal. El vilano mide de 3 a 5 mm de longitud, usualmente con 6 radios lo cual facilita su

dispersión. Este aquenio, es a la vez, la semilla que debe sembrarse para obtener una nueva planta, por lo que se puede denominar fruto-semilla o simplemente semilla si cumple la función de multiplicación. El tipo de germinación es epigea.

2.2.2. Distribución de *Valeriana pilosa* Ruiz & Pav

V. pilosa se distribuye también, en los páramos de Colombia, Ecuador, Chile y Perú. En Perú se encuentra en los departamentos de Amazonas, Ancash, Junín, San Martín y Cajamarca (Brako y Zarucchi 1993).

En el Norte peruano se encuentra entre 3 500 – 4 100 msnm, formando parte de la vegetación herbácea de estos ecosistemas alto andinos (Sánchez 2011). En Cajamarca, se distribuye ampliamente en las localidades de La Shoglla, Sexsemayo, El Cumbe, Huanico, Quelluacocha, Tallambo, Pachachaca, San Juan de la Hierba Buena, Celendín (Sánchez 1997).

2.2.3. Propagación de *Valeriana pilosa*

La propagación de valeriana en el medio natural se da de manera sexual y asexual. En su medio natural se encontró en promedio 3 plántulas en 25 m² provenientes de semillas sexual. El fruto de esta especie, que a la vez tiene la función de semilla, tiene un papus que le permite ser transportado a distancias considerables, por el viento, la posibilidad que caiga al suelo y encuentre condiciones adecuadas para su germinación es baja, debido a su poco peso y al impedimento de la cobertura vegetal. La capacidad de germinación de estas semillas es de 40%, con semillas no seleccionadas y este porcentaje puede aumentar si se selecciona la semilla (Ramírez y Terán 2004).

La propagación asexual es otra posibilidad de reproducción de esta especie, encontrándose en el campo matas que se han producido mediante ramificaciones del rizoma que crece lateralmente y produce múltiples yemas y brotes (Machuca 2012).

2.2.4. Hábitat natural de *valeriana pilosa*

La valeriana se encuentra desde los 3500 hasta los 4200 msnm. Sin embargo, puede encontrarse con menor frecuencia desde los 3200 msnm hacia arriba. Esta especie forma parte importante de la biodiversidad vegetal de la Jalca, se encuentra dispersa dentro de las praderas y pajonales de la jalca (Ramírez y Terán 2004).

Los mismos autores mencionan que esta especie habita en suelos con abundante materia orgánica, oscuros turbosos y musgosos, típicos de la zona de la jalca, sin embargo también se encuentran en suelos pocos profundos, incluso entre rocas; esta especie se encuentra tanto en áreas secas como en áreas húmedas con buen drenaje (Ramírez y Terán 2004).

2.2.5. Importancia medicinal de la Valeriana

En la farmacopea mundial varias especies de Valeriana han tenido un papel muy importante en las regiones en las que se desarrolla, pues las culturas reconocen su importancia en la utilización como medicina natural. Los usos de esta especie están presentes desde tiempos muy antiguos tanto es así, que Dioscórides y Galeano la conocían como Phu que significa “estar sano” y se usaba en la edad media para tratar la epilepsia. En la actualidad, las infusiones y tintura de la raíz se usan en afecciones nerviosas (ansiedad, epilepsia, histeria, insomnio, nerviosismo, neuralgia), fiebre, broncoespasmo, reumatismo y cardiopatías (Arias 2013).

En España se describen otras propiedades específicas, de la raíz de *Valeriana officinales* y sus preparados se emplean como sedante en casos de nerviosismo generalizado, intranquilidad, insomnio (como inductor del sueño) y en estado de ansiedad y tensión. Por sus propiedades espasmódicas se utiliza también en casos de dolores espasmódicos gastrointestinales de origen nervioso (Cristina 1980).

La farmacopea de la India describe sus usos como estimulante y antiespasmódico. La usan no solo contra el tratamiento de problemas nerviosos, sino también como sedativo e hipnótico, para el mejoramiento

vascular, en la menopausia, constipación y contra problemas de la médula espinal (Arias 2013).

En la cultura china se le atribuyen propiedades energéticas por su sabor amargo y ácido. Es carminativo, antiespasmódica y antipirético. Las aplicaciones más comunes son contra la influenza, reumatismo, neurastenia, aprensión, insomnio, lesiones traumáticas, problemas menstruales, contusiones y resfríos (Cristina 1980).

En Perú, varias especies del género *Valeriana* se utilizan como antiespasmódico, calmante aperitivo, sedante, antiflatulento, hipotensor, carminativo; para tratar el insomnio, la taquicardia, la epilepsia, las palpitaciones nerviosas, el dolor de cabeza, la histeria, la ansiedad, la neurastenia, la fatiga, los cólicos, las convulsiones (Vargas 1995).

En el Norte peruano y particularmente en Cajamarca es notable la presencia de *V. pilosa*. De esta planta se utiliza las raíces frescas y secas en forma de cocción por 5 minutos, en una proporción de 10 gramos por litro de agua. La dosis es de 1 taza antes de dormir en la noche y si es necesario se adiciona una taza por la mañana (Sánchez 2011). Se consume también con leche para para malestares como el insomnio, nerviosismo y estrés (Ramírez *et al.* 2006).

2.3. Tipos de semillas

2.3.1. Los aquenios. Según Mader (2007) los aquenios son frutos simples, secos indehiscentes que presenta ovario simple, con una sola semilla. Para algunas especies tales como las Umbelíferas y las Valerianaceas entre otras, los aquenios son un medio de propagación. Para Invernón *et al.* (2012) los aquenios son frutos monospermos (con una sola semilla), procede de un carpelo o de varios. Agronómicamente, los aquenios son a la vez las semillas que se usan para la propagación de estas especies.

2.3.2. Tipos de semillas, según su respuesta a la desecación y almacenamiento en frío.

Semillas Ortodoxas Son los que pueden secarse hasta un contenido de humedad de 5% de su peso húmedo, pudiendo de esta manera almacenarse

durante largos periodos a temperaturas bajas inferiores a 0°C (Roberts 1995, citado por Terán 2002). Estas semillas adquieren tolerancia a la deshidratación durante su desarrollo y pueden almacenarse en estado seco (Berjak y Pammenter 1997).

Semillas recalcitrantes: Son las que no pueden secarse por debajo de 20% de humedad, con respecto a su peso húmedo y tampoco puede soportar almacenamiento durante largos periodos de tiempo (Roberts 1995, citado por Terán 2002). Estas semillas tienen una vida corta y solo se pueden almacenar si hay un contenido de humedad relativamente alto. Es además característico que estas semillas tengan a la cosecha, un contenido de humedad más alto que las ortodoxas (Berjak y Pammenter 1997).

El mismo autor, menciona que las semillas recalcitrantes son aquellas que pasan por un periodo corto o ningún secado de maduración y permanecen sensibles a la deshidratación, tanto en su desarrollo como después de su desprendimiento. El contenido de agua es una característica parcial de este tipo de semillas.

2.3.3 Semillas exalbuminosas

Son aquellas semillas en las cuales el albumen ha desaparecido, en beneficio de los cotiledones, en los cuales se concentran las reservas nutritivas para luego suministrar alimento a la pequeña plántula (Seminario 1993). Estas contienen las reservas nutritivas en los cotiledones y se puede dar si únicamente son de tipo diploides, es decir, si contiene dos cotiledones o dos cadenas cromosómicas pertenecientes cada una a un padre o madre de diferentes sexos. Producto de las sustancias que guardan, los cotiledones sufren modificaciones en su conformación volviéndose por ejemplo más carnosos o más tiernos.

2.4. Las semillas y sus partes

Las semillas son el órgano principal para la supervivencia de las especies vegetales. Son el vehículo que sirve para que la vida embrionaria, casi suspendida, renueva su desarrollo aun años después de que sus progenitores han muerto y desaparecido (USDA 1986). Su función es la de dar lugar a una nueva planta, perpetuando y multiplicando la especie a la que pertenecen (Pérez 1999).

La semilla es un órgano, producto de la fecundación y del desarrollo del óvulo o rudimento seminal de la flor (Chávez 1987). Es el ovulo fecundado, desarrollado y maduro que contiene a una pequeña planta denominada embrión, la cual se encuentra rodeada de alimento de reserva (Montes 1998, citado por Terán 2002)

Está constituida fundamentalmente por las siguientes partes: la cubierta protectora, que se forma de los tegumentos; el endospermo, que puede existir en gran cantidad o casi faltar; el embrión, que no es otra cosa que el joven esporofilo parcialmente desarrollado (Fahn 1974), y está constituido por la plúmula, hipocótilo y radícula (Holman y Robbins 1982).

Las semillas presentan gran variedad de formas, color externo, estructura interna y cantidad y naturaleza de alimento almacenado (Holman y Robbins 1982). En la cara externa se puede distinguir algunas estructuras tales como: el hilo, el rafe, el micrópilo (Esaú 1959) y en algunas semillas una excrescencia denominada arilo (Fahn 1974).

2.4.1. Partes de la semilla

1. El embrión

Es una planta en estado latente, varía mucho en aspecto en distintas semillas, generalmente por diferencias en la forma y desarrollo relativo de sus partes (Holman y Robbins 1982). El embrión se halla en estado de latencia y la ubicación, posición y origen de los tejidos que acumulan las reservas pueden ser variables (Valla 1979).

El embrión está formado por un eje embrionario, el eje raíz – hipocótilo, que lleva, en un extremo, el meristemo radical y, en el otro, el cotiledón o cotiledones y el meristemo del primer brote (Esaú 1959). En el eje embrionario se diferencia:

- **La radícula**, que es una raíz rudimentaria (Holman y Robbins 1982) y está situada en uno de los extremos del eje embrionario, y tras la germinación de la semilla, originara la raíz embrional de la planta (Pérez 1999).
- **El hipocótilo**, que es la parte del embrión entre la unión de los cotiledones y el extremo superior de la raíz rudimentaria; muy corta en algunas semillas (Holman y Robbins 1982).

- **La plúmula** que es un tallo rudimentario, juntamente con el hipocótilo después de la germinación, darán origen a la parte aérea de la planta denominada vástago (Molist *et al.* 2011).

Según La Cuadra (1993) el eje embrional está formado por dos partes íntimamente unidos entre sí, uno de ellos es el **epicótilo** que se encuentra por encima del **cotiledón o los cotiledones** y dará lugar al brote terminal de la planta formador de las hojas. El otro es el **hipocótilo** o zona intermedia entre la raíz y el tallo que se encuentra debajo de los cotiledones.

2. El endospermo

El endospermo o albumen es un tejido de reserva que provee de nutrientes al embrión y a la joven plántula (Fahn 1974). Las células de este tejido se cargan de sustancias nutritivas, que son necesarias para que el embrión pueda respirar, crecer y desarrollarse, hasta que llegue a ser una planta que pueda alimentarse por sí misma (La Cuadra 1993).

Las sustancias almacenadas en el endospermo están formadas principalmente por gránulos de almidón, lípidos y proteínas (Pérez 1999). Las proteínas se almacenan en forma de gránulos amorfos llamado gluten, y en gránulos de aleurona (Fahn 1974).

El endospermo completamente desarrollado varía considerablemente. Puede estar constituido por tejido muy vacuolado y de membranas delgadas que no contiene sustancias de reserva, o presentar membranas gruesas, a veces muy gruesas y de aspecto corneo. En ambos casos el endospermo es consumido total o parcialmente por el embrión (Esaú 1959).

3. Envolturas de la semilla

Son capas que rodean completamente a la semilla, la protegen de posibles agresiones del medio ambiente y regulan los cambios que se producen entre el interior y el exterior de la semilla (La Cuadra 1993). Estas envolturas, se originan principalmente a partir de los tegumentos internos y externos del rudimento seminal que se convertirá en el tegmen y la testa de la semilla, respectivamente (Molist *et al.* 2011).

La testa es el tegumento exterior de la semilla. En algunas semillas puede ser extraordinariamente dura, estando formada por tejido esclerenquimático. A veces, la testa puede presentar modificaciones estructurales que facilitan la dispersión de la semilla, tales como pelos, alas, ganchos y espinas. El tegme es el tegumento interno, en algunas semillas este tegumento está muy poco desarrollado o incluso puede llegar a faltar (Pérez 1999).

2.5. Germinación de semillas y factores que la afectan

Como unidad de reproducción sexual por excelencia en las plantas superiores, la semilla, es la encargada de propagar la especie dispersarla, tanto en el tiempo como en el espacio. Además, la mayor parte de las semillas son capaces de permanecer, durante largos periodos de tiempo, en un estado en el que las actividades vitales se reducen al mínimo, en espera de unas condiciones ambientales favorables que permitan la germinación (Pérez 1999).

La recuperación de la actividad biológica por los tejidos de la semilla constituye el proceso de germinación. En este proceso la semilla se desarrolla hasta convertirse en plántula, para esto previamente la semilla pasa del estado latente al estado activo (Chávez 1987).

El proceso de germinación tiene lugar cuando las condiciones son favorables. Mientras tanto, las semillas pueden estar en estado latente durante largo tiempo, dependiendo del tipo de especie que se trate. En algunas especies esta debe producirse en un periodo relativamente corto de tiempo, o la semilla termina muriendo. En otros casos, la germinación puede esperar ciento de años (Molist *et al.* 2011).

Se considera una semilla germinada cuando ésta se convierte en una planta normal y que bajo condiciones favorables se desarrollara en su totalidad. En general la germinación se puede considerar como el proceso por el cual empiezan a desarrollarse la radícula y la plúmula mediante la activación de la maquinaria de la planta (Montes 1998, citado por Terán 2002). Biológicamente, se considera que una semilla ha germinado cuando ha emitido la radícula, de modo que en las pruebas de germinación en laboratorio, se contabiliza como semilla germinada, aquella que ha expuesto la radícula (IBPGR 1991, 76).

Según Hartmann y Kester (1997) la germinación de la semilla se da en óptimas condiciones cuando:

- El embrión es viable, es decir que esté vivo y capaz de empezar a desarrollarse.
- la semilla no está latente.
- No existe barrera química o fisiológica que creen latencia o barreras químicas que impidan la germinación.
- Existan condiciones climáticas apropiadas, es decir, que la semilla tenga suficiente agua, temperatura adecuada, oxígeno y luz para algunas semillas.
- las capas que recubren al embrión estén lo suficientemente débiles como para permitirle germinar.

2.5.1 Fases de la germinación: En el proceso de germinación podemos distinguir las siguientes fases.

a) Fase de hidratación

El primer acontecimiento que tiene lugar siempre en el proceso de germinación de una semilla es la absorción de agua (imbibición) por los diferentes tejidos que forman la semilla, especialmente por los que constituyen el embrión. Por lo general, va acompañado de un incremento proporcional en la actividad respiratoria. La hidratación de la semilla es un proceso físico con una duración variable según la especie considerada (Pérez 1999).

La imbibición de agua por el embrión y el endospermo originan un hinchamiento y ablandamiento de las envolturas de la semilla y, como resultado de ello la ruptura de estas estructuras ablandadas (Holman y Robbins 1982).

La disponibilidad de agua en cantidades suficiente es un factor muy importante ya que, en primer lugar, para que se produzca la germinación deben activarse los sistemas enzimáticos y los orgánulos preexistentes. Además, el embrión en crecimiento requiere cantidades crecientes de agua para que sus células comiencen a multiplicarse y alargarse activamente (Valla 1979).

La hidratación de los diferentes tejidos de la semilla (especialmente los que forman el embrión) posibilita que se active una serie de procesos metabólicos que son esenciales para que tengan lugar las siguientes etapas del proceso de germinación (Pérez 1999).

b) Fase de germinación

Representa el verdadero proceso de germinación. En ella se produce la transformación metabólica, necesaria para el correcto desarrollo de la plántula. Esta fase está dada por la síntesis y degradación de sustancias almacenadas en la semilla (Pérez 1999).

Las sustancias almacenadas en la semilla como el almidón, hemicelulosa, grasas y proteínas, son sustancias insolubles o coloidales y no pueden ser transportadas de célula a célula y utilizada en la construcción de protoplasma y paredes celulares hasta que se haya cambiado a una forma soluble y difusible (Holman y Robbins 1982). En esta fase, se produce la degradación, de las sustancias de reserva acumuladas en la semilla y estos materiales, así como la energía almacenada en ellas, se consume total o parcialmente en desarrollo y crecimiento del embrión (Valla 1979).

c) Fase de crecimiento

Representa la última etapa del proceso de germinación y corresponde al inicio de los cambios morfológicos visibles, en concreto con la elongación de la radícula. Fisiológicamente, esta fase se caracteriza por un constante incremento de la absorción de agua y la actividad respiratoria (Pérez 1999).

El hinchamiento de la semilla, debido a la imbibición de agua y al crecimiento, es seguido por la ruptura de las cubiertas de las semillas. Libre de las cubiertas, provisto de agua y alimento disueltos, y de oxígeno para la respiración, el embrión crece activamente (Holman y Robbins 1982).

El mismo autor menciona que, el crecimiento se debe: 1) al aumento de las células ya formadas. 2) a la producción de nuevas células en el punto de crecimiento de la radícula y la plúmula. La radícula es la primera estructura del embrión que sale de la semilla. Crece hacia abajo, forma ramificaciones,

desarrolla pelos radicales y aumenta así su superficie de absorción fijando la planta hacia el suelo.

Hasta la segunda fase de la germinación los procesos son en gran parte reversibles. A partir de la fase de crecimiento entra en una situación fisiológica irreversible, de tal manera que una semilla que haya superado la fase de germinación tiene solo dos posibilidades: pasar a la fase de crecimiento y dar lugar a una plántula o perder su viabilidad y terminar muriendo (Pérez 1999).

2.5.2. Factores que afectan la germinación.

Para que se produzca la germinación es indispensable la reunión de diversos factores intrínsecos (propios de la semilla) y extrínsecos relativos al ambiente donde se realiza (Valla 1979).

2.5.2.1. Factores internos o intrínsecos

Madurez de la semilla.

Una semilla es madura cuando ha alcanzado su completo desarrollo, tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico.

La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, ésta finaliza cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo. También, se relaciona con la deshidratación de los tejidos que forman la semilla (La Cuadra 1993).

En general, la madurez morfológica se suele alcanzar sobre la misma planta, pero existen algunas especies donde la dispersión de la semilla o diseminación tiene lugar antes de que se alcance la madurez morfológica (Pérez 1999).

Para que una semilla pueda germinar tiene que ser morfológicamente madura. Pero incluso cuando ha alcanzado este tipo de madurez, muchas semillas pueden seguir siendo incapaces de germinar porque necesitan experimentar aun una serie de procesos y transformaciones fisiológicas (La Cuadra 1993).

La madurez fisiológica no se manifiesta por ningún cambio morfológico externo, pero es imprescindible para que se produzca la germinación. Lo más corriente es que la madurez fisiológica implique la pérdida de sustancias inhibitoras de la germinación o la acumulación de sustancias promotoras. En general, supone

reajustes en el equilibrio hormonal de la semilla y/o en la sensibilidad de sus tejidos para las distintas sustancias activas (Pérez 1999).

Las semillas que suelen germinar antes de haber alcanzado su completa madurez, tanto morfológica como fisiológica producen plantas generalmente débiles, y no pueden soportar condiciones desfavorables como las que proceden de semillas completamente maduras (Holman y Robbins 1982).

2.4.2.2. Factores extrínsecos

Los factores externos más importantes que deben concurrir para la germinación son la humedad adecuada para la hidratación de las células, temperatura adecuada para el funcionamiento de las enzimas, disponibilidad de oxígeno para sus necesidades metabólicas (Mader 2008).

1. Humedad

Para que la semilla vuelva al metabolismo activo es necesario que sus tejidos se rehidraten. Para ello, la semilla debe estar en contacto con el agua en estado líquido. Aunque podría absorber una parte del vapor de agua de la atmosfera circundante, en la mayor parte de los casos, la cantidad de agua sería insuficiente para promover la germinación (Pérez 1999).

El agua ablanda las envolturas de la semilla, permitiendo que el embrión y el endospermo hidratado rompan fácilmente estas envolturas. Además, facilita la entrada del oxígeno y hace posible el transporte del alimento soluble del endospermo o cotiledones a los puntos de crecimiento del embrión, donde son necesarios para formar nuevo protoplasma (Holman y Robbins 1982).

El agua es indispensable para la rehidratación y la germinación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificulta la llegada del oxígeno al embrión (Valla 1979).

2. Temperatura

La temperatura es un factor decisivo en el proceso de la germinación, su efecto se debe a su capacidad para influir sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurre en las semillas tras su rehidratación (Pérez 1999).

Para cada clase de semillas hay una temperatura mínima, más bajo de la cual la germinación no se realiza. Hay también una temperatura máxima arriba de la cual las semillas no germinan, y una temperatura a la cual la germinación se verifica más rápidamente, ésta es la temperatura óptima (Holman y Robbins 1982). Estos valores de temperaturas pueden determinarse en forma experimental (Valla 1979).

Las semillas de especies originarias de habitas tropicales suelen germinar mejor a temperaturas, superiores a 25°C, mientras que las semillas de especies originarias de la zona frías germinan mejor a temperaturas bajas, como las comprendidas entre 5 y 15°C. En general, las semillas de especies originarias de la zona mediterránea germinan perfectamente a temperaturas comprendidas entre 15 y 20°C (Hess 1982).

3. Provisión de oxígeno

El buen flujo de oxígeno (intercambio de gases) entre el medio de germinación y la semilla, ayuda a que se dé una germinación rápida y uniforme el oxígeno es esencial en la respiración y su absorción está ligada a la actividad metabólica de la semilla (Terán 2002).

Para que la germinación tenga lugar, el oxígeno disuelto en el agua de imbibición debe llegar hasta el embrión. A veces algunos elementos presentes en la cubierta seminal, pueden reducir la difusión del oxígeno desde el exterior hacia el embrión. Además, hay que tener en cuenta que, la cantidad de oxígeno que llega al embrión disminuye a medida que aumenta la disponibilidad de agua (Pérez 1999)

4. Presencia o ausencia de luz

La presencia de luz u oscuridad puede ser requerida para la germinación o puede provocar su inhibición (Rossetti 2014). En muchos casos las semillas solo germina bajo la presencia de luz, mientras que otras quedan inhibidas por efecto de la misma (La Cuadra 1993).

Según Pérez (1999) las semillas se clasifican en tres grupos según sus necesidades de luz para germinar.

a) semillas con fotosensibilidad positiva: semillas que germinan preferentemente bajo condiciones de iluminación.

b) semillas con fotosensibilidad negativa: semillas que germinan bajo oscuridad, siendo la luz desfavorable.

c) Semillas no fotosensibles: semillas indiferentes a las condiciones de iluminación.

Así, las semillas con foto sensibilidad positiva no germinan si están enterradas a una cierta profundidad. En semillas con fotosensibilidad negativa ocurre lo contrario, las semillas para poder germinar deben situarse a una cierta distancia de la superficie del suelo con el fin de protegerse del efecto inhibitor de la luz.

2.6. Latencia en las semillas y causas que la originan.

En muchos casos la semilla es capaz de germinar inmediatamente después de liberarse de la planta madre. En otros casos, la semilla sin embargo puede germinar solo después de un periodo de pausa más o menos largo. Se habla en este caso de latencia (Hess 1980).

La latencia, puede definirse como el estado de crecimiento y metabolismo suspendido, en el cual los tejidos no desarrollan aunque se le propicie condiciones favorables. También se considera como un mecanismo de defensa de las plantas, frente a condiciones adversas (Bidwell 1979).

La latencia (también llamada dormición o letargo) es el estado en el cual una semilla viable y madura no germina aunque los factores externos sean favorables para hacerlo (Pérez 1999). Para Salisbury (1992) la latencia es el estado de una semillas cuando su incapacidad para germinar se debe a condiciones internas, aunque las condiciones externas (temperatura, humedad, y atmosfera) sean adecuadas.

Las semillas durmiente o latente, desarrollan durante sus procesos evolutivos ciertos mecanismos que impiden su germinación aun en condiciones apropiadas de humedad, temperatura, gases e iluminación. Este mecanismo, protege a la semilla para que no se malogre durante épocas del año en las que las condiciones para su germinación no son favorables (Bidwell 1979).

La latencia probablemente evolucionó en respuesta a condiciones ambientales variables después de la maduración y como mecanismo de asegurar la alta probabilidad de germinación y sobrevivencia exitosa de la semilla y de la plántula. La latencia no es un estado permanente, una semilla puede estar en este estado, salir y volver a entrar en latencia varias veces, pero tarde o temprano tiene que parar para hacerse efectiva la germinación (Trujillo sf, citado por Berjak y Pammenter 1997).

2.6.1 Causas que pueden originan latencia o dormición en las semillas

Según Pérez (1999), se puede establecer dos categorías fundamentales de dormición o latencia de las semillas: dormición impuesta por las cubiertas seminales y dormición embrionaria. Además de estos dos factores los autores La Cuadra (1993), Pérez y Molina (1994) citados por Rosseti (2014) mencionan un tercer factor denominado dormición fisiológica.

2.6.1.1. Dormición impuesta por las cubiertas seminales

- **Impermeabilidad al agua y/o a los gases.** La germinación no es posible sin agua y sin intercambio gaseoso. Muchas especies tienen semillas con capas duras e impermeables que rodean al embrión. Estas capas pueden haber sido formado por el endospermo, la nucela, por la cubierta seminal o por las paredes del fruto. Las semillas que presenta estas cubiertas seminales, no germinan, hasta que estas sean degradadas gradualmente sobre todo por la acción de los microorganismos. La humedad y el calor favorecen este proceso (Hess 1980).

Los tejidos que rodean al embrión pueden evitar la libre entrada de oxígeno, y quizás también la salida del bióxido de carbono, no siendo raro que esta inhibición del cambio gaseoso retarde o evite el crecimiento del embrión (Holman y Robbins 1982). Este hecho supone una interferencia con el proceso de respiración que puede llegar a dificultar e incluso impedir la germinación de la semilla (Pérez 1999).

- **Presencia de inhibidores en las cubiertas seminales.** Algunas especies tienen sustancias bioquímicas en las partes del fruto o la cubierta de la semilla que previene el inicio de la germinación, a pesar de contar con las condiciones favorables (Hess 1980). Estas sustancias son del tipo hormonal que impiden el desarrollo de uno o varios pasos metabólicos imprescindibles para la germinación (La Cuadra 1993).

Entre las hormonas promotoras de la germinación destacan las giberelinas, mientras que entre los inhibidores destaca el ácido abscísico (ABA) y los compuestos fenólicos. Los inhibidores de la germinación pueden estar presentes en los tejidos internos de la semilla, o en las cubiertas seminales (Pérez 1999).

- **Restricción mecánica.** En este caso, los embriones están maduros y las envolturas de la semilla impiden la entrada del agua, pero son tan gruesas que la presión del embrión en crecimiento no es suficiente para romperlos (Holman y Robbins 1982).

En muchos casos las cubiertas seminales ejercen una verdadera restricción mecánica a la expansión de la radícula, esta no es capaz de romper las cubiertas y emerger al exterior. Este hecho es muy frecuente en las leguminosas (Pérez 1999).

2.6.1.2. Dormición del embrión

La dormición embrionaria es aquella en donde el embrión se encuentra inmaduro e incluso, si el embrión es aislado de la semilla y colocado en condiciones favorables para la germinación, no germina. Por lo tanto, la eliminación de las cubiertas no permite la germinación de la semillas, sino que el embrión necesita un cierto periodo de tiempo hasta que se desarrolle, diferencie y madure (Rosseti 2014).

La dormición embrionaria se debe, generalmente a la existencia de sustancias inhibitoras de la germinación en los propios tejidos del embrión; estos compuestos inhibidores pueden estar situados en el eje embrionario y/o en los cotiledones (Pérez 1999).

2.6.1.3. Dormición fisiológica

Según La Cuadra (1993) la dormición fisiológica es aquella en la cual la semilla presenta embrión maduro y cubiertas externas totalmente permeables pero que requieren, antes de germinar, un periodo de postmaduración durante el cual, se produce un conjunto de cambios. Este tipo de cambios es producido por la semilla, es decir, por el metabolismo de las semillas.

Esta dormición puede deberse a la presencia en las cubiertas o en el embrión de las semillas, de sustancias bioquímicas de tipo hormonal (ácido abscísico –ABA-) inhibidoras de procesos metabólicos necesario para que ocurra la germinación y que durante la postmaduración se van transformando o eliminando. También puede deberse a la ausencia en las semillas de sustancias bioquímicas de tipo hormonal, provocan la activación de sustancias imprescindibles para la germinación y que durante la postmaduración se van formando y almacenando.

Este tipo de dormición es también causado por la impermeabilidad de las membranas celulares, que retiene el agua absorbida evitando que llegue al embrión. Durante la postmaduración, en este caso se producen cambios en la conductividad de las membranas que permiten que el agua llegue al embrión (Hess 1980).

2.6.1.4. Otras causas que originan la dormición de la semilla

La exigencia de luz para la germinación de muchas semillas es, presuntamente, un mecanismo que impide la germinación de semillas pequeñas enterradas muy profundamente, tanto que, agotarían sus reservas antes de alcanzar la superficie y poder ser autótrofas. No todas las semillas requieren luz para germinar; algunas son afectadas y unas pocas son inhibidas por la luz (Bidwell 1990).

2.7 Tratamientos pregerminativos para romper la latencia

Cuando la latencia es fuerte y no termina ante el anuncio de condiciones favorables propicias para la germinación, es preciso recurrir a prácticas artificiales, estímulo o tratamientos pregerminativos que garantice el despertar de la semilla. Para cada tipo de latencia o dormición existe un tratamiento pregerminativo adecuado y, para cada caso, es necesario conocer previamente

la especie en la que se va a aplicar el proceso de activación de la semilla a fin de evitar danos en las mismas (Ruiz s.f.).

2.7.1 Escarificación

Es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandando las cubiertas de la semilla para hacerlas permeables al agua y al oxígeno (Pérez 1999).

- **Escarificación mecánica.** En algunas especies, las cubiertas seminales se pueden eliminar total o parcialmente sin dañar al embrión. En otros casos basta con provocar pequeños daños en las cubiertas mediante diversos sistemas como son: incisión, punción, lijado, etc.
- **Escarificación ácida.** En estos tratamientos se sumergen las semillas en ácidos fuertes durante periodos de tiempo corto; generalmente se suele emplear ácido sulfúrico concentrado y periodos de pocos minutos. A veces se utiliza soluciones diluidas de ácidos y tiempos de inmersión prolongados. Al final del tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitar restos de ácidos.
- **Tratamiento con calor.** Se puede utilizar calor seco (estufa) y agua caliente. Cuando se utiliza calor seco, se suele emplear más o menos entre 50 a 100°C y diferentes tiempos de exposición, según la mayor o menor dureza de las cubiertas seminales. Si se emplea agua caliente, se sumerge las semillas en agua próxima al punto de ebullición y se deja enfriar el agua con las semillas hasta que esta alcance la temperatura ambiente.

2.7.2 Estratificación.

Consiste en colocar las semillas embibidas de agua o no, en capas o estratos húmedos, usando, como sustrato, por ejemplo arena. El periodo de estratificación varía según la especie. Se utiliza para superar latencia proveniente del embrión.

Cálido. Si la estratificación se realiza a temperatura altas (22 a 30C).

Fría. Si la estratificación se realiza a temperaturas bajas (0 a 10C).

Con la estratificación se tiende a imitar las condiciones naturales a las que se ven sometidas las semillas (De Luca s.f.).

2.7.3 Lixiviación

Se utiliza frecuentemente, cuando las semillas contienen sustancias inhibidoras de la germinación en sus cubiertas (Pérez 1999). El propósito de este tratamiento, es remover los inhibidores de la semillas en agua corriente o cambiando el agua con frecuencia (De Luca s.f.).

2.7.4 Inmersión en agua

Cuando se utiliza el agua como método pregerminativo, se busca producir la penetración del líquido y oxígeno en el interior de la semilla para posibilitar los procesos de germinación. Este tratamiento es relevante ya que gracias a este, la semilla puede ganar un porcentaje importante de agua que tardaría en adquirir si se le sometiera al riego después de la siembra (Ruiz s.f.).

Un tratamiento tan simple como es la inmersión de las semillas en agua durante un periodo de tiempo de 24 a 48 horas antes de su siembra da buenos resultados de germinación en numerosas especies (Pérez 1999).

2.7.5 Aplicaciones exógenas de giberelinas.

Existen en el mercado sustancias denominadas reguladores del crecimiento, como las giberelinas, las auxinas y las citoquininas que generan procesos bioquímicos y estimulan la germinación (Ruiz s.f.). Este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de remojo, dependiendo de la especie de que se trate (De Luca s.f.). Las giberelinas se caracterizan porque uno de sus efectos es provocar y acelerar la germinación en ciertas especies.

La combinación de tratamientos, se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de latencia o dormición. Es importante recordar que la combinación de tratamientos no es apta para todas las especies.

2.7.6 Uso de reguladores en la germinación

Los reguladores de las plantas se definen como compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes que, en pequeñas cantidades (ppm), fomentan, inhiben o modifican de alguna forma cualquier proceso fisiológico vegetal (Lira 1994). Estos compuestos, han demostrado tener un efecto influyente sobre los puntos de crecimiento, la germinación y muchas otras actividades en las plantas (Harmann y Kester 1997).

Las sustancias más usadas para estimular la germinación de las semillas son las citoquinas, la benziladenina, el etileno y las giberelinas. La concentración en la que se use dependerá de la especie, el estado de las cubiertas, el método de aplicación, la duración de tratamientos, la temperatura y la mezcla de productos (Terán 2002).

El momento en que las giberelinas actúan es cuando penetra en el embrión, por lo que se debe facilitar su entrada rasgando la cubierta, eliminando el pericarpio o dañando la testa, pues de lo contrario, se deberán usar dosis muy altas corriendo el riesgo de que el tratamiento no tenga ningún efecto (Camacho1994).

2.8 Las giberelinas y su uso para mejorar la germinación.

Las giberelinas pueden definirse como un compuesto orgánico que estimulan la división o la prolongación celular o ambos procesos (Lira 1994). Estos compuestos son el grupo de hormonas vegetales que afectan de manera directa al control y estímulo de la germinación de las semillas al tener un efecto significativo en la fisiología de estas (Terán 2002).

La primera giberelina muy activa y desde hace mucho disponible comercialmente, históricamente se conoce como ácido giberélico (AG3). (Salisbury 1992). El ácido giberélico aumenta el porcentaje de germinación y el crecimiento de las plántulas. Su función la desempeña en dos etapas: La primera etapa ocurre en la inducción de enzimas al ser transcritas de los cromosomas. La segunda etapa ocurre en la activación de enzimas que interviene en la movilización del sistema de alimentos (Hartmann y Kester 1997).

En las semillas unos de los efectos del ácido giberélico, es estimular la elongación celular de manera que la radícula pueda emerger a través de la cubierta de la semilla que restringe su crecimiento (Salisbury 1992). Cuando las semillas tienen factores negativos para germinar las giberelinas son efectivas al ayudar a germinar. Las giberelinas existen en altas cantidades en las semillas en desarrollo y su germinación no sería posible en su ausencia (Terán 2002).

2.9 Viabilidad y poder germinativo de las semillas

2.9.1 La viabilidad de las semillas

La viabilidad es el periodo de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Este periodo es variable y depende del tipo de semillas y de las condiciones de almacenamiento (USDA 1986). Una semilla puede ser viable (su embrión está vivo) y, por tanto, tiene capacidad para originar una nueva planta, pero puede ser incapaz de germinar durante cierto tiempo cuando las condiciones no son favorables (Terrón 2002)

Todas las semillas pierden gradualmente su viabilidad con el tiempo. Atendiéndose a la longevidad de las semillas, es decir, el tiempo que las semillas permanecen viables, puede haber semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas que retiene su viabilidad por cincuenta a ochenta años (Holman y Robbins 1982). En el extremo opuesto tenemos los que no sobreviven más que algunos días, como es el caso del sauce (*Salix sp.*), que pierde su viabilidad en pocos días y si no germina termina muriéndose (USDA 1986).

Las semillas pierden su viabilidad por causas muy diversas. Podríamos pensar que mueren porque se agotan sus reservas nutritivas, pero no es así, sino que conservan la mayor parte de los mismos cuando ya han perdido su capacidad germinativa (De la Cuadra 1993).

2.9.2. El poder germinativo

Es la capacidad de las semillas para poder germinar, una vez colocadas en condiciones adecuadas (temperatura, humedad, luz, sustrato, etc). El poder germinativo de las semillas se determina en laboratorio mediante ensayos que tratan de obtener las condiciones de germinación más rápidas, uniformes y

completas posibles. El porcentaje de germinación obtenida en los ensayos, indica la proporción de viabilidad de las semillas (Terrón 2001).

2.10. Plántulas

Plántula es la pequeña y rudimentaria plantita, que posee radícula y su primer brote, pero que aún se alimenta de las reservas nutritivas de la semilla (De la Cuadra 1993). Según Holman y Robbins (1982) se le llama plántula, desde que el embrión emerge de la semilla hasta que depende completamente de sí mismo para la elaboración de su alimento.

Con la germinación de la semilla, las envolturas se rompen junto al extremo micropilar y la radícula emerge. Normalmente la radícula penetra en el suelo, produce pelos absorbentes (Fahn 1974). El hipocótilo, crece considerablemente, elevando a los cotiledones por encima de la superficie del suelo, y los cotiledones se separan, permitiendo el crecimiento de la plúmula (Valla 1979).

Por algún tiempo la planta joven depende completamente del alimento almacenado dentro de ellas o en el endospermo, con el que puede mantenerse en contacto. Antes de que se agote el alimento, los cotiledones, que están ahora a la luz, se vuelven verdes y desempeñan la función de fotosíntesis hasta cierto punto (Holman y Robbins 1988).

Con ello la planta se establece, es decir, es capaz de vivir totalmente independiente de la semilla. La plántula pasa a ser una planta joven, terminándose totalmente el proceso de germinación en amplio sentido (La Cuadra 1993).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del trabajo de investigación.

La investigación se realizó en las instalaciones del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. A una altitud de 2650 msnm, 78° 30' longitud este y 7° 10' latitud sur. Temperatura media diaria 14°C, humedad relativa 65% y precipitación promedio anual 650mm.

3.2. Materiales

3.2.1. Material experimental

- Se utilizaron semillas de *V. pilosa* procedentes de Huanico, distrito de Namora (78°19'29" O y 07°12'06" S) y de Hucaruro distrito de Jesús (10° 04' 29" S y 76° 37' 43"S), de tres edades postcosecha (6, 4 y 2 meses).
- Ácido giberélico (AG3) al 99% de pureza.

3.2.2. Material y equipo de laboratorio.

- Los materiales utilizados en laboratorio fueron: Estereoscopio, placas Petri, pipeta, estiletes, alcohol etílico, lejía, jeringas, papel filtro, papel higiénico, bolsas de polietileno, agua destilada, higrómetro, focos de 100 watts, azul de metileno y lugol.

3.3.3. Material de escritorio.

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Libreta de notas
- Papel
- Plumón indeleble

3.3. Metodología

La investigación estuvo dirigida a describir las características del fruto semilla e indagar sobre el comportamiento germinativo de las semillas de valeriana de seis, cuatro y dos meses de edad postcosecha (febrero, abril y junio, 2015). En segundo lugar, conocer la influencia de la temperatura, la luz y el ácido giberélico (AG₃) sobre la germinación.

La investigación se realizó entre los meses de abril y diciembre del 2015, en la cual se estudiaron las características morfológicas de las semillas de *Valeriana pilosa*. Se evaluó el porcentaje de germinación bajo dos temperaturas (19 y 25 °C), tres niveles de ácido giberélico (AG₃) y fotoperiodo de 8 horas de luz y 16 horas de oscuridad.

3.3.1 Trabajo de campo

Se recogieron infrutescencias maduras, cuando la mayoría de frutos presentaban el papus expandido. Cada infrutescencia fue cubierta con bolsa de plástico y se amarró en la base del pedúnculo para evitar que los frutos se pierdan. Luego fueron transportadas a las instalaciones del Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Universidad Nacional de Cajamarca para evaluar las características morfológicas y el porcentaje de germinación de las semillas.

3.3.2 Trabajo en laboratorio.

3.3.3. Descripción morfológica del fruto de *V. pilosa*.

Para la descripción morfológica del fruto se tuvo en cuenta la forma, tamaño, color, peso (1000 frutos) y el número de filamentos del papus.

Para la determinación de color de la cubierta del fruto, se utilizó la carta de colores para plantas “RHS Colour chart” (RHS 1995). La descripción de la estructura de la semilla en el proceso de germinación (características del embrión, la radícula, epicótilo y cotiledones) se realizó utilizando el microscopio-estereoscopio con monitor (Olimpus SZX2-ZB16) del Laboratorio de Botánica de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.3.4. Condiciones ambientales en laboratorio

Se realizaron registros de temperaturas máximas y mínimas en laboratorio, desde la fase de instalación del experimento hasta la fase de plántula por un periodo de 4 meses. La temperatura fue monitoreada con un termohigrómetro que registra temperaturas máximas, mínimas y promedio.

En la Figura 1, se observa que la temperatura máxima alcanza el promedio de 19.4°C y la temperatura mínima se encuentra en promedio fue de 16.8 °C. Según los datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional de Cajamarca, el promedio de temperatura entre agosto y noviembre del 2015, muestra picos de temperatura de valores máximos entre 19 °C y 20°C en los meses de agosto a diciembre.

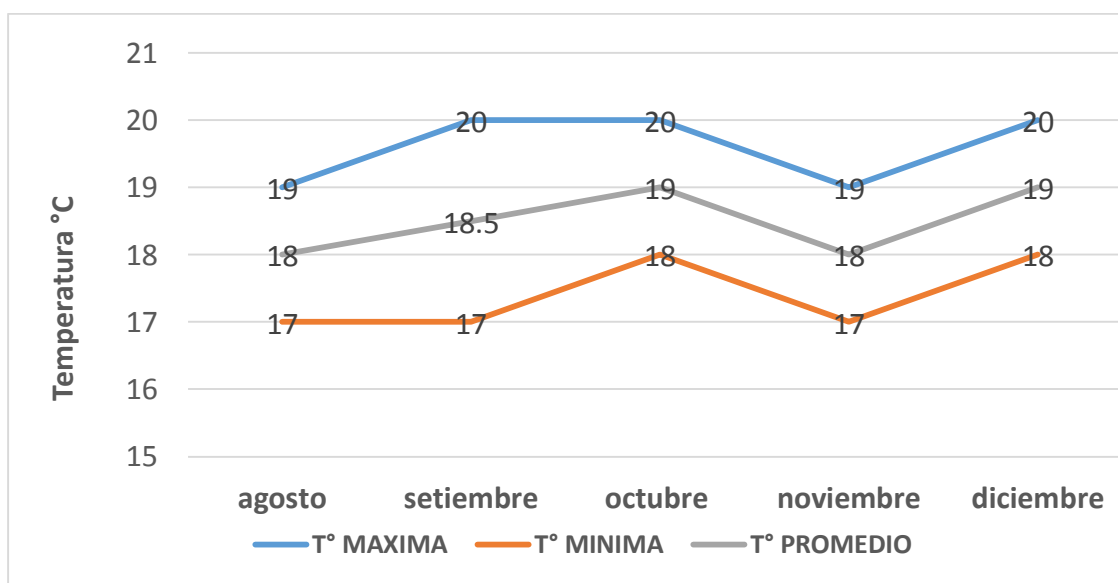


Figura 1. Registro de temperaturas (mínima, máxima y promedio) --°C--, en laboratorio durante los meses del experimento (agosto a diciembre del 2016).

3.3.5. Acondicionamiento de las semillas y evaluación de la germinación.

Para cada ensayo se seleccionaron lotes de semilla las cuales fueron lavadas y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2%, por un tiempo de 10 minutos. Luego fueron enjuagadas con agua destilada.

Los ensayos de germinación se realizaron en cajas Petri de 11cm de diámetro. Dentro de cada placa se puso dos discos de papel filtro estéril con 50 semillas de *V. pilosa*, para mantener la humedad de las semillas se las cubrió con un disco de bolsa (polietileno) transparente.

Los conteos de semillas germinadas se hicieron semanalmente durante dos meses (60 días). En todos los ensayos se consideró como semilla germinada aquella que presentaba la radícula expuesta.

3.4. Ensayos realizados

1. Ensayo de germinación con semillas de tres edades postcosecha y temperatura de laboratorio (19 °C).

Para este ensayo se utilizaron semillas de seis, cuatro y dos meses de edad postcosecha. Considerando las edades como tratamientos, (se tomó 50 semillas por edad) se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones (Tabla 1 y Figura 2). Este ensayo se realizó en laboratorio a una temperatura promedio de 19 °C.

Tabla 1. Tratamientos del ensayo sobre el efecto de tres edades de semilla (6, 4 y 2 meses postcosecha) a temperatura de laboratorio (19 °C).

Tratamiento	Código
Semillas de seis meses postcosecha	T1
Semillas de cuatro meses postcosecha	T2
Semillas de dos meses postcosecha	T3

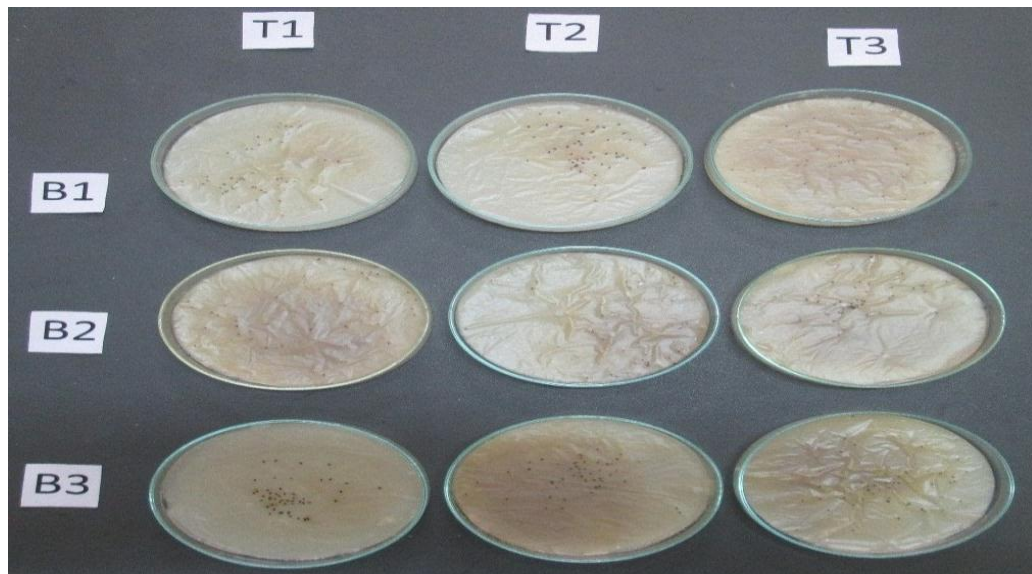


Figura 2. Distribución de los tratamientos del ensayo sobre el efecto de tres edades de semilla (6, 4 y 2 meses postcosecha) a temperatura de laboratorio (19 °C). T: tratamiento, B: Bloques.

2. Ensayo de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 25°C.

Para este ensayo se utilizaron semillas de seis, cuatro y dos meses de edad postcosecha, colocadas en una cámara de germinación con una fuente de calor (foco de 100 watts) a 20 cm de altura con relación a las placas Petri que contenían las semillas. Esta cámara mantuvo una temperatura promedio de 25°C, durante las 24 horas. Se usó el diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos (edades postcosecha) y tres repeticiones (Tabla 2 y Figura 3). Se usó como tratamiento control, el realizado a temperatura de 19 °C (ambiente de laboratorio), el cual se instaló y evaluó de forma simultánea.

Tabla 2. Tratamientos del ensayo de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 25°C.

Tratamiento	Código
Semillas de seis meses postcosecha	T1
Semillas de cuatro meses postcosecha	T2
Semillas de dos meses postcosecha	T3



Figura 3. Distribución de los tratamientos del ensayo de germinación de semillas de tres edades postcosecha, a 25°C. Obsérvese la fuente de calor.

3. Ensayo de germinación de semillas de tres edades y fotoperiodo de 16 horas de oscuridad y 8 horas luz.

Este ensayo se realizó tomando el antecedente Muños (2002) el cual indica que las semillas de *V. officinalis*, presentan un porcentaje de germinación eficiente, dispuestas en oscuridad durante 20 días. Para este ensayo se usaron semillas de seis, cuatro y dos meses de edad postcosecha. Las placas conteniendo las semillas fueron colocadas en una cámara oscura y a las 16 horas fueron expuestas a la luz de laboratorio. Este proceso se repitió cada día, hasta los dos meses (60 días). Se usó el diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos (edades postcosecha) y tres repeticiones (Tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos para el ensayo de 16 horas de oscuridad y 8 horas de luz, con semillas de tres edades postcosecha.

Tratamiento	Código
Semillas de seis meses postcosecha	T1
Semillas de cuatro meses postcosecha	T2
Semillas de dos meses postcosecha	T3



Figura 4. Distribución de los tratamientos para el ensayo de 16 horas de oscuridad y 8 horas de luz, con semillas de tres edades postcosecha.

4. Ensayo sobre el efecto de tres concentraciones (400, 800 y 1200 ppm) de AG₃ y cuatro tiempos de remojo (24, 48, 72 y 96 horas) en la germinación de semillas de cuatro meses de edad postcosecha.

Este ensayo se realizó en laboratorio a 19 °C, con semillas de cuatro meses de edad postcosecha. Se aplicó tres concentraciones AG₃ (400, 800 y 1200 ppm) en cuatro tiempos de remojo (24, 48, 72, y 96 horas) (Tabla 4). Para este ensayo se usó el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3C X 4T y tres repeticiones. Este ensayo se instaló siguiendo el informe de Dini *et al.* 2013. Estos autores usaron las concentraciones mencionadas en la germinación de *V. officinalis*.

Tabla 4. Tratamientos del ensayo sobre el efecto del ácido giberélico a altas concentraciones en la germinación de semillas, a 19°C (temperatura de laboratorio).

Factor	Nivel	Tratamiento	Código
Concentración ácido giberélico (c)	c ₁ : 400ppm	400 ppm de AG3 y remojo por 24 horas	T1
		400 ppm de AG3 y remojo por 48 horas	T2
		400 ppm de AG3 y remojo por 72 horas	T3
		400 ppm de AG3 y remojo por 96 horas	T4
	c ₂ : 800ppm	800 ppm de AG3 y remojo por 24 horas	T5
		800 ppm de AG3 y remojo por 48 horas	T6
		800 ppm de AG3 y remojo por 72 horas	T7
		800 ppm de AG3 y remojo por 96 horas	T8
Tiempo de remojo (t)	t ₁ : 24 h	1200 ppm de AG3 y remojo por 24 horas	T9
	t ₂ : 48 h	1200 ppm de AG3 y remojo por 48 horas	T10
	t ₃ : 72 h	1200 ppm de AG3 y remojo por 72 horas	T11
	t ₄ : 96 h	1200 ppm de AG3 y remojo por 96 horas	T12

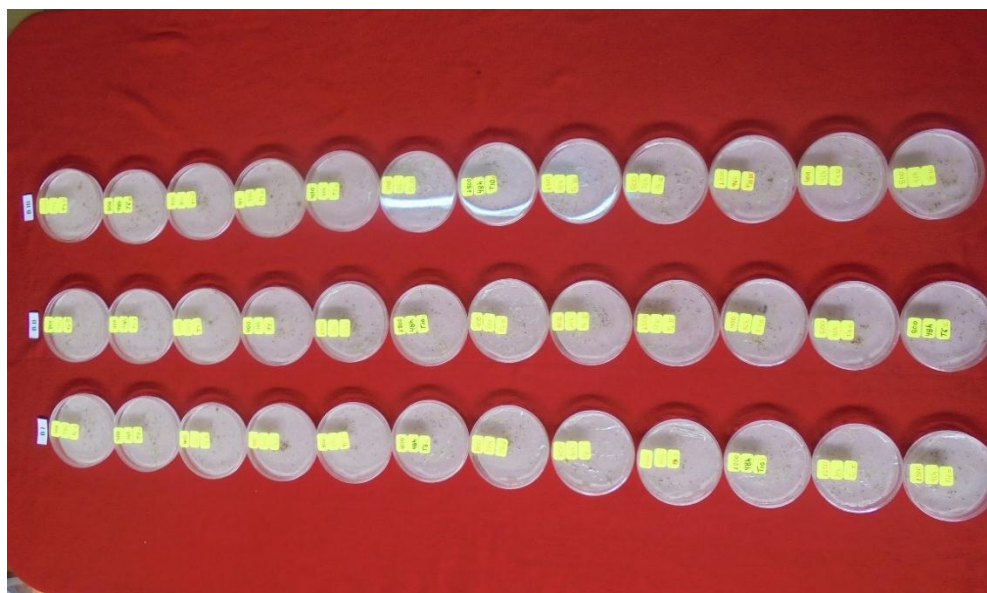


Figura 5. Distribución de los tratamientos del ensayo sobre el efecto de tres concentraciones (400 ppm, 800ppm y 1200 ppm) de AG₃ y cuatro tiempos (24 horas, 48 horas, 72 horas y 96 horas) de remojo.

3.4.1. Análisis estadístico de los datos.

Por tratarse de datos experimentales provenientes de datos discretos, éstos fueron transformados con la función $Y = \arcsen\sqrt[2]{P}$, para cumplir con los requisitos del análisis de varianza (ANOVA) (Steel y Torrie 1985).

El procesamiento de datos se realizó con el paquete estadístico infostat. En primer lugar, se realizó el análisis de varianza y en los casos en donde se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo se presenta y discuten los resultados de la investigación, a través de los datos recolectados en los diferentes ensayos que se realizaron con el propósito de cumplir con los objetivos propuestos.

4.1. Caracterización morfológica del fruto de *Valeriana pilosa*

El fruto-semilla de *valeriana pilosa* es un aquenio. Esta semilla se comporta como ortodoxa, es exalbulminosa y tiene forma variable desde ovoide a ovoide-elíptico, generalmente, de sección transversal de forma triangular.

La cubierta del fruto es glabra y arrugada, de color marrón (Figura 6) variando de A – 200 y B - 200 según la tabla de colores Royal Colors (RCC 1995). Presenta suturas longitudinales dividiendo la cubierta en tres caras.

En la parte apical del fruto (Figura 7:B) se encuentra una corona, de la cual se desprenden de 5 a 6 filamentos pilosos que en su conjunto forman el vilano o papus. Este vilano permite la diseminación por el viento a distancias muy extensas. Este fruto se aproxima en su morfología a los frutos de *V. clarinofilia*, *V. lapatifolia* y *V. leucocarpa*, pertenecientes al grupo III, según la clasificación de Kutschker (2008), para la valeriana de los Andes Australes.

Los frutos sin papus son pequeños de 1.5mm - 2mm de largo x 0.6mm de diámetro, el peso es insignificante, mil frutos pesan 0.01 gramos, son más livianas que los frutos de *V. officinalis* 1000 frutos pesan entre 0.46 a 0.5g (Muñoz 1996).

El embrión de las semillas (Figura 8 y 9) está constituido por los cotiledones, radícula y el hipocótilo. Los cotiledones son de forma ovoide carnosos los cuales almacenan las sustancias de reserva que servirán de alimento a la posterior plántula. Estos cotiledones son de color amarillo cremoso, que al mes de germinación se convierten en las primeras hojas fotosintetizadoras. La radícula presenta forma de cono, es muy pequeña y a los 6 meses tiene sólo dos raicillas. El hipocótilo es muy pequeño pero se observa con facilidad en estado de plántula o cuando las semillas tienen un mes de germinación.

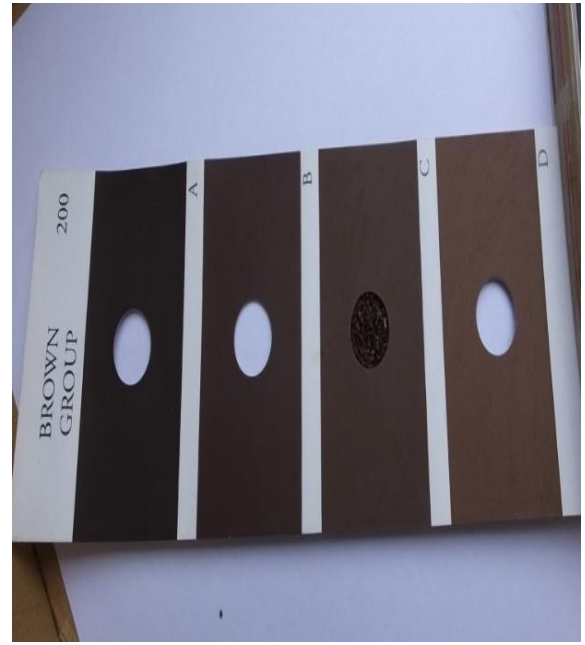


Figura 6. Color de los frutos de *V. pilosa*, según la tabla de colores Royal Colors (1995).

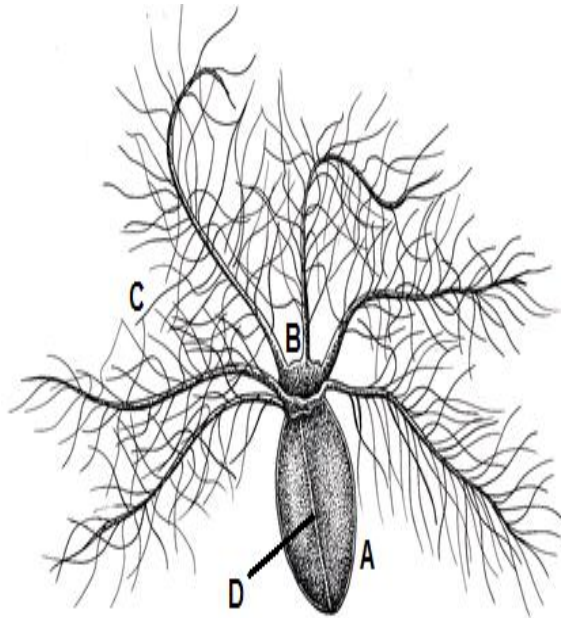


Figura 7. Partes del fruto de *V. pilosa* A: Semillas; B: Corona; C: Papus; D: Sutura.

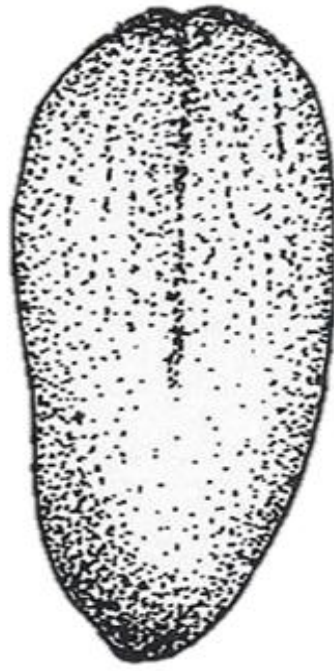


Figura 8. Embrión de *Valeriana pilosa* R. & P.

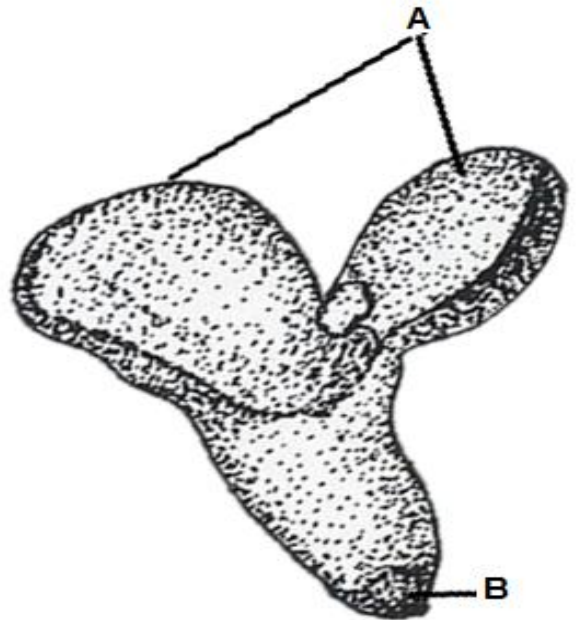


Figura 9. Partes del embrión A: cotiledones; B: radícula.

4.2. Evaluación de la germinación de semillas y crecimiento de las plántulas de *V pilosa*.

V. pilosa es de germinación epigea. Se inició entre los 8 y 15 días y fue progresiva hasta el fin del periodo de observación (60 días). Según De la Cuadra (1993), la germinación está influenciada por las condiciones de temperatura y así como también por las condiciones fisiológicas de la semilla como son la viabilidad y latencia de las semillas

El crecimiento de las plántulas fue muy lento (Figura 10). A los 20 días después de producida la germinación, las plántulas presentaron su primer para de hojas fotosintéticas que son las cotiledonares. Las hojas, a esta edad son redondeadas y se expanden en su totalidad a los 30 días. Es decir, que a los 30 días se expone la plántula totalmente. A los 60 días, es visible el segundo par de hojas o sea las primeras hojas verdaderas. A los 5 meses de edad las plántulas medían 4.7 cm y se notó que las hojas empezaron a alargarse.

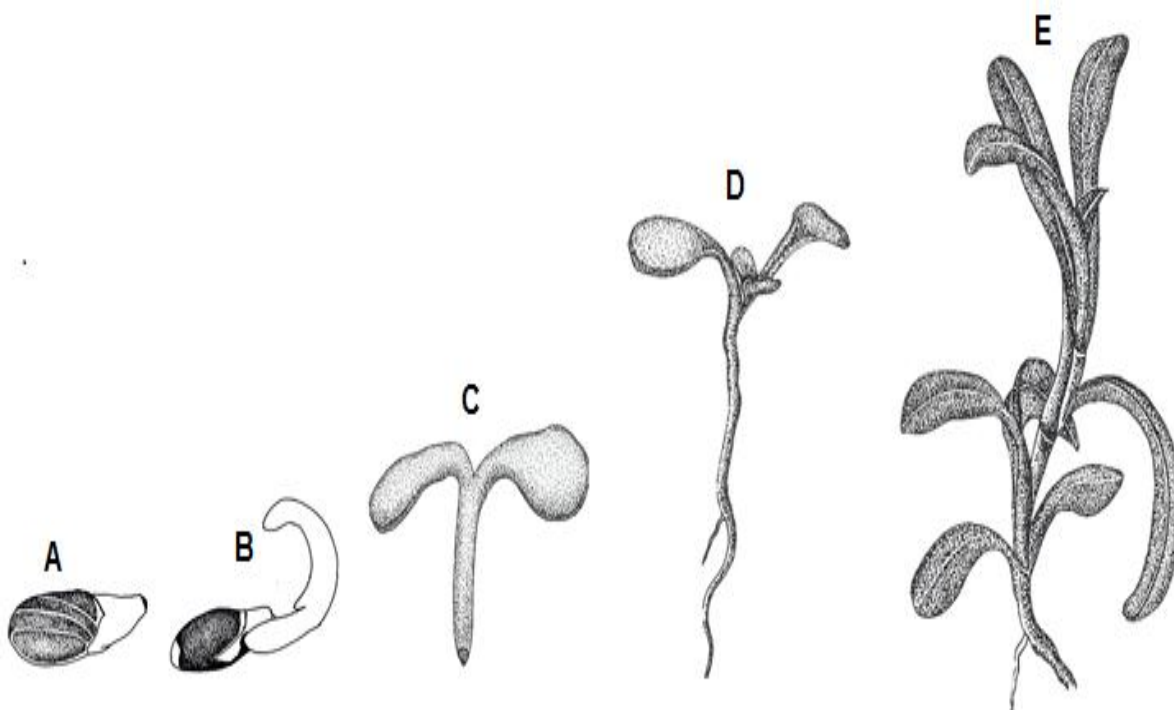


Figura 10. Estadios de la germinación y de la plántula de valeriana, en condiciones de laboratorio. A: Radícula expuesta, a los 8 días después del inicio de la prueba de germinación. B: semilla en germinación a los 15 días del inicio del proceso. C: Plántula de 30 días de edad, D: plántula de 60 días de edad, E: plántula de 5 meses de edad.

4.3. Ensayos sobre el efecto de la temperatura, luz, fotoperiodo y AG₃ en la germinación de semillas, bajo condiciones de laboratorio.

4.3.1. Ensayo de germinación con semillas de tres edades postcosecha a temperatura ambiente de laboratorio (19 °C).

En La Tabla 05, se observa que existe alta significación estadística para los tratamientos en estudio, puesto que la F calculada supera a las F tabulares a los niveles 0,05 y 0,01 de probabilidades, respectivamente, lo cual indica que las medias de los tratamientos difieren uno del otro.

Para la fuente de variación repeticiones no se encontró significación estadística lo que demuestra que los bloques fueron homogéneos entre ellos, probablemente se deba a las condiciones casi homogéneas dentro del laboratorio. El coeficiente de variación (CV = 13.51%) indica la variabilidad del material experimental. Esta variabilidad posiblemente se atribuya al estado fisiológico de las semillas (viabilidad y al estado latencia) asociados a otros posibles factores que afectaron el porcentaje de germinación. Como producto de dicha asociación se encontró que el porcentaje de germinación dentro de un mismo tratamiento (edad postcosecha) fue muy variado.

Al realizar la prueba de Tukey (Tabla 6 y Figura 11), se observa que el tratamiento T2, (semilla de cuatro meses de edad postcosecha) con 64% de semillas germinadas al cabo de dos meses en laboratorio es superior estadísticamente a los tratamientos T3 y T1 con 40 y 27% respectivamente de germinación.

El tratamiento T3 (semilla de dos meses de edad postcosecha) es igual estadísticamente al tratamiento T1 (semilla de seis meses de edad postcosecha), es decir, que ambos tratamientos presentan un porcentaje de germinación estadísticamente igual bajo condiciones de temperatura ambiente (19°C) y solo pueden diferir ambos tratamientos numéricamente.

Al respecto, Ramírez *et al.* (2006) encontró que el porcentaje de germinación se semillas de *V. pilosa* puesto a germinar después de un mes de cosechadas, fue de 40% (a los 45 días) por otro lado Rumay (2010) encontró 62.5% con semillas postcosecha de tres meses de edad, estos antecedentes, nos permiten

corroborar nuestros resultados e inferir que las semillas de esta especie, presenta un cierto grado de latencia y viabilidad, y no como menciona Córdoba (2007) que las semillas de *V pilosa.*, son de corta viabilidad y de bajo porcentaje de germinación.

Por lo tanto, se concluye que para obtener un alto porcentaje de germinación de semillas de *Valeriana pilosa*, al cabo de dos meses de almacenado en laboratorio, se debe utilizar el tratamiento T2 (semilla postcosecha de cuatro meses) con 64 %, equivalente al 79 % con datos originales.

Tabla 5. ANOVA del ensayo sobre el efecto de tres edades de semilla (7, 4 y 2 meses postcosecha) a temperatura de laboratorio (19 °C).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados	Cuadrados Medios	F cal	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	2	92.93	46.47	1.33 NS	6.94	18
Tratamientos	2	2121.46	1060.73	30.25**	6.94	18
Error	4	140.27	35.07			
Total	8	2354.66				

[Datos transformados con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$]

C.V. = 13.51%

Tabla 6. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidades para el ensayo sobre el efecto de tres edades de semilla (7, 4 y 2 meses postcosecha, respectivamente) a temperatura de laboratorio (19 °C).

Orden de merito	Tratamiento (Edades de las semillas)	Media de germinación (%)	Significación al 5%
1	Semillas de cuatro meses	64	A
2	Semillas de dos meses	40	B
3	Semillas de seis meses	27	B

[Datos transformados con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$]

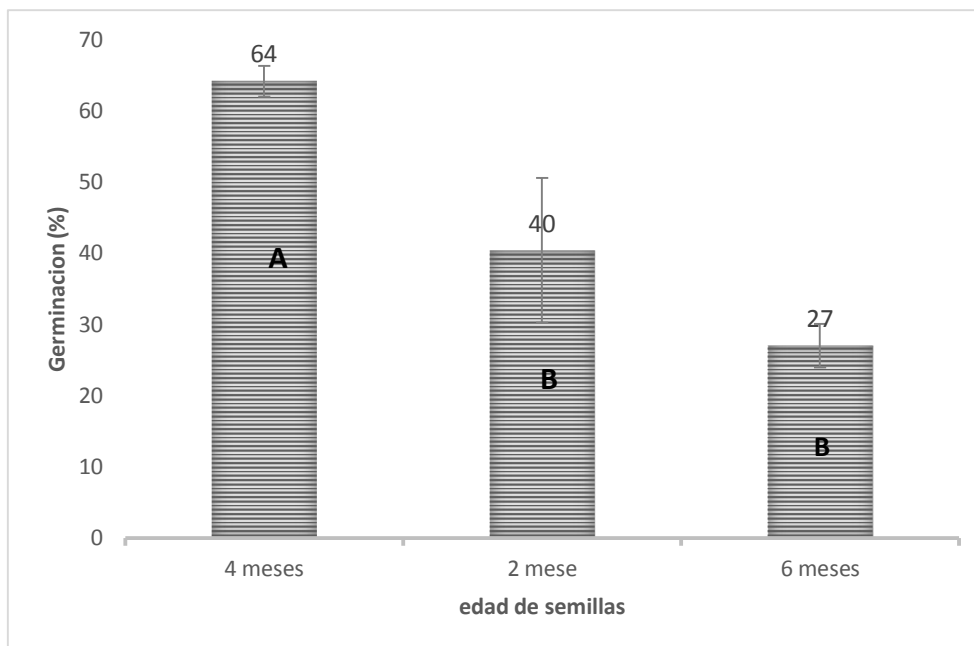


Figura 11. Germinación (%) de semillas de valeriana de tres edades poscosecha (6, 4 y 2 meses a temperatura de laboratorio (19 °C).

4.3.2. Ensayo de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 25°C.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA), indican alta significación estadística al 1% de probabilidad para los tratamientos en estudio (edades postcosecha) lo cual indica que éstos son estadísticamente diferentes (Tabla 7), para la fuente de variación repeticiones no se encontró significación estadística.

El coeficiente de variabilidad (CV = 8.30%) indica la variabilidad del material experimental. Esta variabilidad posiblemente se atribuya al estado fisiológico de las semillas (viabilidad y al estado de latencia) asociados a otros posibles factores que afectaron el porcentaje de germinación. Como producto de dicha asociación se encontró que el porcentaje de germinación dentro de un mismo tratamiento (edad potscosecha) fue muy variado.

Por otro lado, al realizar la prueba de Tukey (Tabla 8 y figura 12), se observa que el tratamiento T2 (semilla de cuatro meses de edad postcosecha) con 33% de semillas germinadas al cabo de dos meses en laboratorio es superior estadísticamente a los tratamientos T3 y T1.

El tratamiento T3 (semilla de dos meses de edad postcosecha) obtuvo 16% de germinación y es estadísticamente iguales al tratamiento T1 (semillas de seis meses de edad), es decir, que ambos tratamientos presentan un porcentaje de germinación estadísticamente igual a 25°C y solo pueden diferir ambos tratamientos numéricamente.

Este resultado indica que la germinación de las semillas de valeriana es afectadas por temperaturas altas, considerando que esta especie se desarrolla en las Jalcas donde las temperaturas oscilan entre 7– 13°C, se puede afirmar que 25°C afectan la germinación, provocando que el rendimiento en el porcentaje de germinación sea bajo en comparación con el ensayo a 19°C en la cual se encuentra mejores resultados.

Según Pérez (1999), la temperatura es un factor impórtate que afecta al proceso de germinación, ya que su efecto se debe a su capacidad para influir sobre las enzimas que regula las reacciones bioquímicas que ocurre en las semillas tras su hidratación, permitiendo que el proceso de germinación sea más rápida o lenta. Bidwell (1990) menciona que las temperaturas altas pueden inhibir el proceso de germinación, sobre todo en aquellas especies que se desarrollan en climas fríos.

Por lo tanto se concluye que para obtener un buen porcentaje de germinación de semillas de *Valeriana pilosa* al cabo de dos meses de almacigado en laboratorio bajo condiciones de temperatura controlada a 25°C, se debe utilizar el tratamiento T2 (semilla postcosecha de 4 meses) con 33%, equivalente al 29 % con datos originales.

Tabla 7. ANOVA para el ensayo de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 25°C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrados medios	F cal	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	2	10.34	5.17	1.43 NS	6.94	18
Tratamientos	2	452.05	226.03	62.39**	6.94	18
Error	4	14.49	3.62			
Total	8	476.88				

[Datos transformados con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$] C.V. = 8.30%

Tabla 8. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad para el ensayo de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 25°C.

Orden de merito	Tratamiento (Edades de las semillas)	Media de germinación (%)	Significación al 5%
1	Semillas de cuatro meses	33	A
2	Semillas de dos meses	20	B
3	Semillas de seis meses	16	B

[Datos transformados con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$]

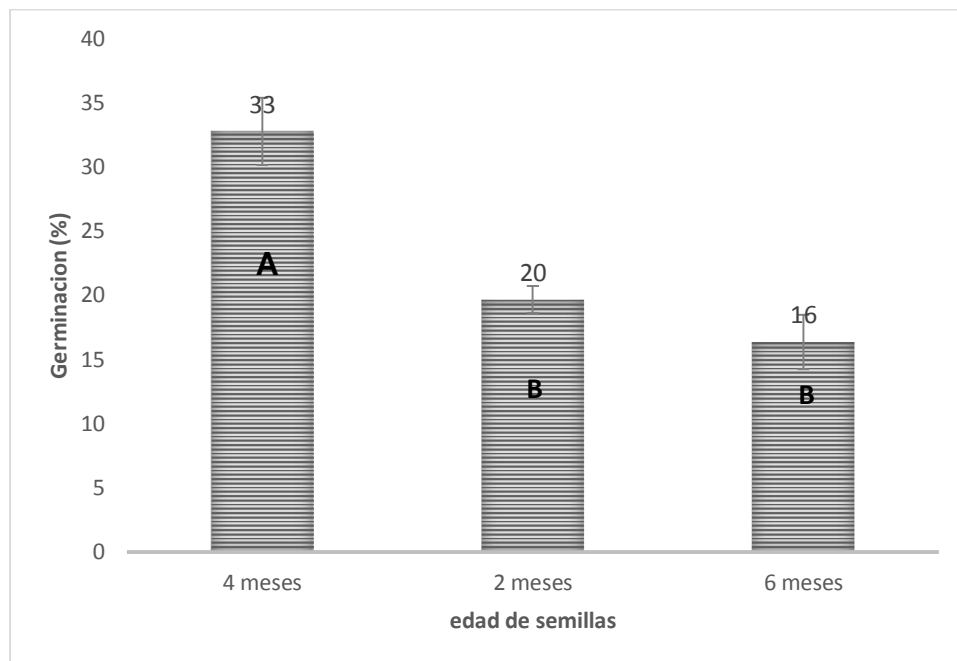


Figura 12. Germinación (%) de semillas de valeriana de tres edades postcosecha a 25°C.

4.3.3. Ensayo sobre el efecto del fotoperiodo (8 horas luz y 16 horas oscuridad) sobre la germinación de semillas de tres edades postcosecha, comparado con la germinación bajo el fotoperiodo de Cajamarca (12 horas luz 12 Horas oscuridad).

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA), indican alta significación estadística al 1% de probabilidad para los tratamientos en estudio (edades postcosecha) lo cual indica que éstos son estadísticamente diferentes (Tabla 9), para la fuente de variación repeticiones no se encontró significación estadística.

El coeficiente de variabilidad (CV = 21.30%) indica la variabilidad del material experimental. Esta variabilidad posiblemente se atribuya al estado fisiológico de las semillas (viabilidad y al estado de latencia) asociados a otros posibles factores que afectaron el porcentaje de germinación. Como producto de dicha asociación se encontró que el porcentaje de germinación dentro de un mismo tratamiento (edad postcosecha) fue muy variado.

Al realizar la prueba de Tukey (Tabla 10 y Figura 13), se observa que el tratamiento T2 (semilla de cuatro meses de edad postcosecha) con 37% y el T3 (semillas de dos meses de edad postcosecha) con 37% son estadísticamente iguales y superiores al T1 (semillas postcosecha de seis meses de edad) en dos meses de germinación y bajo condiciones de fotoperiodo (8 horas luz y 16 horas oscuridad).

Por lo tanto se concluye que para obtener un buen porcentaje de germinación de semillas de *Valeriana pilosa* al cabo de dos meses de almacenado en laboratorio bajo fotoperiodo (8 horas luz y 16 horas oscuridad) se debe utilizar el tratamiento T2 y T3 con 37% y 37% respectivamente.

Al respecto Muños (2002) menciona que las semillas seleccionadas de *Valeriana officinalis* alcanza un porcentaje de germinación de 65% bajo condiciones controladas de 20 días de oscuridad y a temperatura ambiente de 20°C. Este antecedente dista mucho de nuestros resultados encontrados.

Respecto a la necesidad de oscuridad, se puede observar que las semillas de *V. pilosa* no necesita un fotoperiodo en el cual la horas oscuridad sea mayor que las horas luz, por el contrario las semillas de esta especie germinan mejor al

ambiente en donde las horas oscuridad-luz sea proporcionada de manera natural, al respecto (Muñoz 2000) mencionan que el fotoperiodo afecta sensiblemente, tanto al porcentaje de germinación como a la rapidez con se produce esta.

Tabla 9. ANOVA para el ensayo sobre el efecto del fotoperiodo (8 horas luz y 16 horas oscuridad) sobre la germinación de semillas de tres edades postcosecha.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados	Cuadrados Medios	F cal	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	2	36.37	18.19	1.05 NS	6.94	18
Tratamientos	2	334.21	167.1	9.64*	6.94	18
Error	4	69.31	17.33			
Total	8	439.9				

[Datos transformados con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$]

CV = 21.74%

Tabla 10. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad para el ensayo sobre el efecto del fotoperiodo (8 horas luz y 16 horas oscuridad) sobre la germinación de semillas de tres edades postcosecha.

Orden de merito	Tratamiento (Edades de las semillas)	Media de germinación (%)	Significación al 5%
1	Semillas de cuatro meses	37	A
2	Semillas de dos meses	37	A
3	Semillas de seis meses	24	B

[Datos transformados con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$]

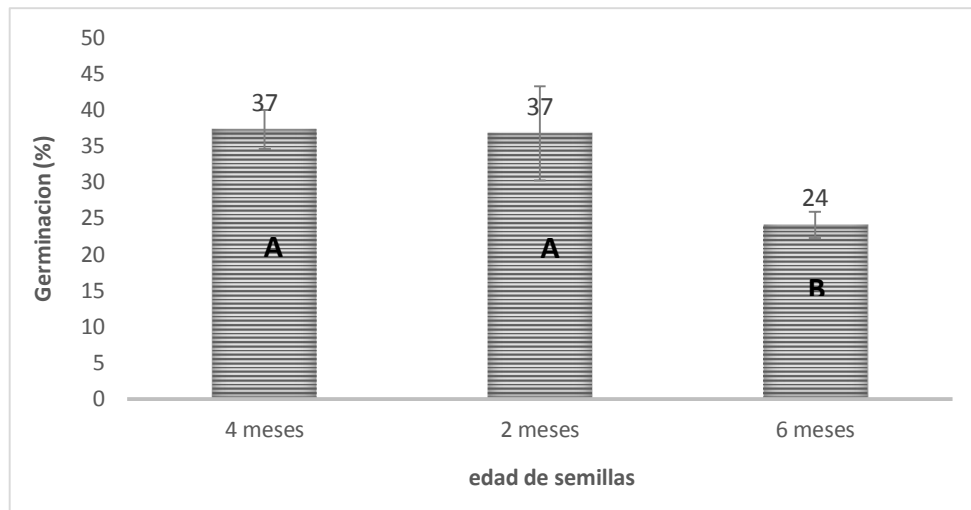


Figura 13. Porcentaje de germinación del ensayo sobre el efecto del fotoperiodo (8 horas luz/ 16 horas oscuridad) sobre la germinación de semillas de tres edades postcosecha.

La Figura 14, muestra los resultados de los tratamientos T1, T2 y T3 en los tres ensayos (19°C, 25°C y en fotoperiodo), en el cual se observa que el tratamiento T2 (semillas de cuatro meses de edad postcosecha) alcanza mayor porcentaje de germinación.

El porcentaje de germinación del T1 (semillas de seis meses de edad postcosecha) fue bajo en los diferentes ensayos, para este caso se presume que la edad de la semilla afectó la germinación de las semillas, al respecto (Holman y Robbins 1982) mencionan que todas las semillas pierden gradualmente su viabilidad dependiendo del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento. Esto indicaría que las semillas de *V. pilosa* presentan un periodo de viabilidad en la cual las semillas se encuentran aptas para germinar.

El T3 (semillas de dos meses de edad postcosecha) presentó un porcentaje de germinación, que fue superior al T1 e inferior al T2 en los diferentes ensayos, esto indica que las semillas de dos meses de edad postcosecha (T3) tiene un cierto grado de latencia el cual dificultó la germinación, al respecto (Holman y Robins 1982) mencionan que muchas semillas viables son incapaces de germinar inmediatamente después de madurar, aunque se les coloque en condiciones favorables; esta característica de la semilla, como ya se vió, se llama latencia.

Es preciso mencionar que algunas semillas presentan embriones rudimentarios al momento del desprendimiento de la planta madre los cuales deben completar su desarrollo antes de la germinación, lo que puede requerir semanas y hasta meses, aun en condiciones favorables.

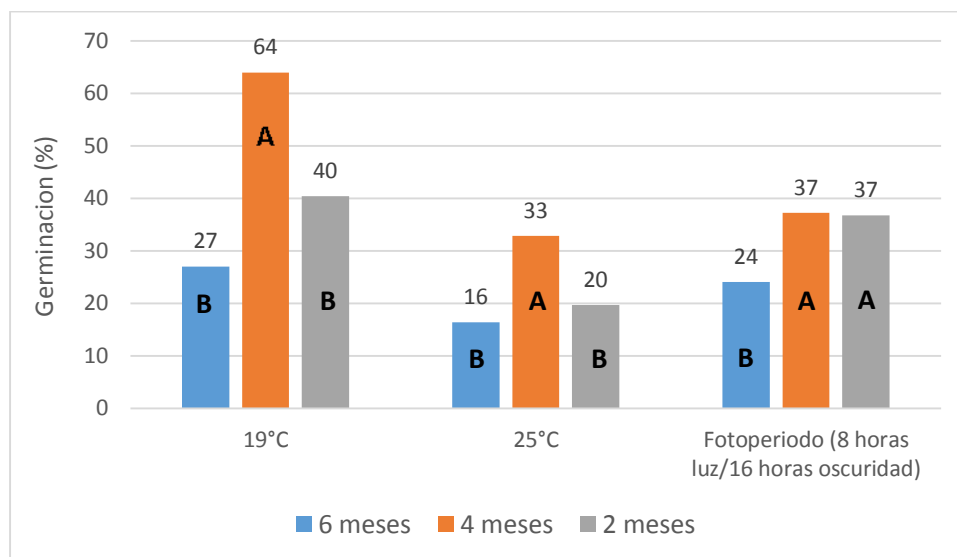


Figura 14. Comparación de la germinación (%) de los tres ensayos

4.3.4. Ensayo sobre el efecto de tres concentraciones (400, 800 y 1200 ppm) de AG₃ y cuatro tiempos de remojo (24, 48, 72 y 96 horas) en la germinación de semillas.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) indican que no existe significación estadística para los factores en estudio, de igual manera para la interacción de dichos factores (Tabla 11). Este resultado indica que no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos que la diferencia se debe al azar.

El coeficiente de variabilidad (CV = 23.89%) indica la variabilidad del material experimental. Esta variabilidad posiblemente se atribuya al estado fisiológico de las semillas (viabilidad y al estado de latencia) asociados a otros posibles factores que afectaron el porcentaje de germinación. Como producto de dicha asociación se encontró que el porcentaje de germinación dentro de un mismo tratamiento (edad postcosecha) fue muy variado.

Tabla 11. ANOVA para el ensayo sobre el efecto de tres concentraciones (400, 800 y 1200 ppm) de AG₃ y cuatro tiempos de remojo (24, 48, 72 y 96 horas) en la germinación de semillas.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados	Cuadrados Medios	F cal	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	2	224.45	112.23	1.06 NS	3.44	5.72
AG3	2	49.37	24.69	0.23 NS	3.44	5.72
Tiempo	3	212.85	70.95	0.67 NS	3.05	4.82
AG3*Tiempo	6	1383.36	230.56	2.17 NS	2.55	3.76
Error	22	2339.15	106.32			
Total	35	4209.18				

[Datos transformados con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$]

CV = 23.9%

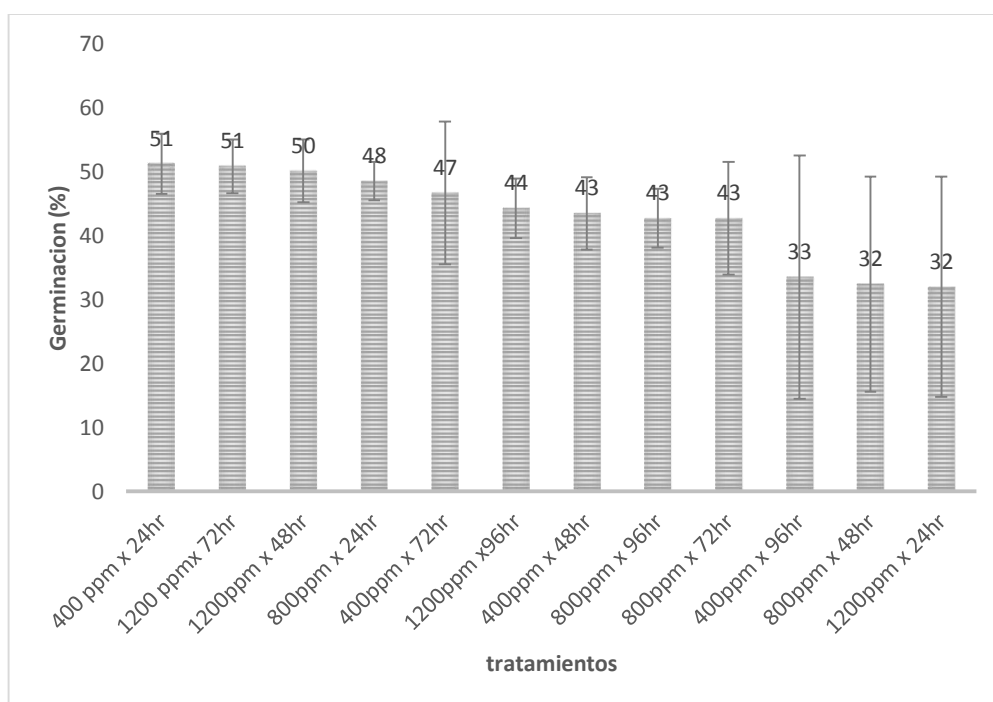


Figura 15. Germinación (%) de semillas de valeriana en tres concentraciones (400, 800 y 1200 ppm) de AG₃ y cuatro tiempos (24, 48, 72 y 96 horas) de remojo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

De acuerdo con los objetivos planteados y los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye:

- El fruto de *Valeriana pilosa* es un aquenio de color marrón, de forma ovoide a ovoide elíptica, de sección transversal triangular, con tres suturas longitudinales y papus de 5 a 6 filamentos pilosos. Su tamaño es pequeño (1.5mm- 2mm), 1000 frutos pesan 0.01 gramos.

- Se encontraron diferencias altamente significativas en el porcentaje de germinación (a 19°C), para la variable edad postcosecha de la semilla. Las semillas de cuatro meses de edad postcosecha registraron la germinación más alta (79%). Las semillas de seis meses registraron la menor germinación (21%).

- Se encontraron diferencias altamente significativas para el porcentaje de germinación a 25°C y tres edades postcosecha de la semilla. La semilla de cuatro meses de edad postcosecha fue superior a las otras (29% de germinación). El menor porcentaje (8%) de germinación se presentó en semillas de seis meses. La elevación de la temperatura de 19°C a 25°C tuvo efecto negativo en el porcentaje de germinación.

- Se encontraron diferencias altamente significativas en el porcentaje de germinación para las tres edades postcosecha de la semilla y bajo fotoperiodo de 8 horas luz y 16 horas oscuridad. Los mejores resultados se registraron con semillas de dos y cuatro meses de edad postcosecha (37% y 36% de germinación respectivamente). De modo similar, el porcentaje de germinación fue inferior que con el fotoperiodo normal de Cajamarca (12 horas luz y 12 horas oscuridad aproximadamente).

- No se encontraron diferencias significativas para factores concentración (400, 800 y 1200 ppm) y tiempo de remojo (24, 48, 72 y 96 horas) en ácido giberélico, ni para la interacción de estos factores, respecto al porcentaje de germinación.

- La edad postcosecha de la semilla influye en forma significativa en el porcentaje de germinación. En los todos los ensayos se obtuvieron mejores resultados con semillas de cuatro meses de edad y los más bajos con semillas de seis meses de edad. Esto indicaría que existen factores intrínsecos o extrínsecos de las semillas que restringen la germinación en los primeros dos meses y después de los cuatro meses de edad postcosecha el poder germinativo tiende a disminuir.

5.2. Recomendaciones

- Realizar ensayos de germinación mes a mes, desde la cosecha para determinar la edad de máxima germinación y la tasa de pérdida de viabilidad en función de la edad postcosecha.

- Realizar estudios sobre otros tratamientos pregerminativos (agua hervida, hipoclorito de sodio) con la finalidad conocer la respuesta de la semilla.

- Realizar ensayos sobre el efecto de la selección de semillas por tamaño y peso, en el porcentaje de germinación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, A. 2013. Fenología reproductiva de *Valeriana prionophylla* (*Valerianaceae*) y un caso de herbivoría en el páramos de Costa Rica. Consultado 23/06/15. Disponible en <http://investiga.uned.ac.cr/revistas/index.php/cuadernos/article/viewFile/628/525>
- Berjak, P; Pamenter, NM. 1997. Semillas Ortodoxas y Recalcitrantes. Sudáfrica. Consultado 29/09/15. Disponible en [file:///C:/Users/ruve/Downloads/Semillas%20Ortodoxas%20y%20Recalcitrantes%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/ruve/Downloads/Semillas%20Ortodoxas%20y%20Recalcitrantes%20(3).pdf)
- Bidwell, RG. 1990. Fisiología vegetal. Trad. G.G Cano. 2 ed. México, D.F, Edit. AGT.S.A. 776p.
- Brako, L. & Zarucchi, J. 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Monografías en Botánica Sistemática. Missouri Botanical Garden. Vol. 45.
- Camacho, F. 1994. Dormición de semillas, causas y tratamientos. México, D.F, Edit. México-Trillas. 125p.
- Córdoba, SL. 2007. Protocolo de propagación de las 40 especies priorizadas en el proyecto de uso sostenible de los recursos naturales del distrito capital y la región. Pp. 3-6. Consultado el 20-07-15. Disponible en https://www.google.com.pe/?gfe_rd=cr&ei=2nivvaLDluM-glup-san-4cg#g=anexi.
- Chávez, T. 1987. Biología curso básico. 8 ed. Lima-Perú, Edit. Princliness. 668p.
- Cristina, M. 1980. Manual Chino de plantas medicinales uso y dosificación. México., Edit. Concepto. 150p.
- De la Cuadra, C. 1993. Germinación, latencia y dormición de las semillas. Hojas divulgadoras, Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación, Madrid 3(1): 1-24. Consultado 29/09/10. Disponible en http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_03.pdf.
- De Luca, N. SF. Caracterización de la semilla, tratamientos pregerminativos, técnicas de recolección y almacenamiento. Consultado el 29/09/15. Disponible en <https://cursoreforestacion.files.wordpress.com/2010/05/tecnicas-y-tratamientos-pregerminativos.pdf>.
- Dini, M.R. 2013. Study of two treatments on the germination of *valeriana officinalis* L.S seeds in two growth media. 5(5):232-236.
- Esau, K. 1952. Anatomía vegetal. Trad. J Rosel. Barcelona-España, Edit. Omega S.A. 388p.
- Fahn, A. 1974. Anatomía vegetal. Trad. F García. 2 ed. España, Edit. H.BLUME EDICIONES. 627p.

- Hartman, H; Kester, D. 1997. Propagación de plantas. 2 ed. México, Edit. Continental S.A. 760p.
- Hess, D. 1980. Fisiología vegetal: fundamentos moleculares y bioquímicos - fisiológicos del metabolismo y el desarrollo. Trad. S Mercedes. Barcelona-España, Edit. Omega S.A. 388p.
- Holman, SM, Robbins, W. 1982. Botánica general. Trad. E Beltrán. México, D.F., Edit. UTEHA.S.A. 632p.
- Invernon, VR.; De la Estrella G; López. E; Seco IA; Devesa, J. 2012. Manual de laboratorio de botánica: el fruto. Reduca 5(2): 1-4. Consultado el 20/09/15. Disponible en <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/910/924>
- Jardín Botánico José Celestino Mutis. 2012. Anexo 1. Protocolo invítro 2008-201. Proyecto sustentable en los recursos vegetales del distrito capital. Pp.38-46. Consultado 20-07-15. Disponible en <https://www.google.com.pe/?gfe rd=cr&ei=2nivvaLDluM-glup san 4cg#g=anexi + 1>.
- Kutschker, A. 2009. Morfología del fruto en especies de valeriana (Valerianaceae) de los Andes Australes. Darwiniana. 46(1): 17-35.
- Lira Saldivar, RH. 1994. Fisiología vegetal. ed. México, D.F., Edit. Trillas S.A. MEX. 237p.
- Loverly,RJ; Perisse, P; Vieyra, C; Coraglio JC. 2010. Caracterización de la semilla, germinación y plántula de *Cologania broussonetii* (balb.) DC. Argentina. OYTON 00319457(2010) 79: 5-10. Consultado el 25/09/15. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572010000100002.
- Machuca, CE. 2012. Comparativo de cuatro dosis de compost y dos tipo de hijuelos en la propagación de valeriana (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pavón), en área de cierre de Mina- Yanacocha - Cajamarca. Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 59p.
- Mader, SS. 2008. Biología. Trad. NA Moreno. 9 ed. México, D.F., Edit. Mc Graw-hill/interamericana companies. 884p.
- Molist, P; Pombal, MA; Mejías, M. 2011. Atlas de histología vegetal y animal: órganos vegetales – semillas. Consultado 25/09/15. Disponible en <http://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/o-v-semilla.pdf>.
- Pérez, F. 1999. Dormición de semillas. Hojas divulgadoras Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación, Madrid 2103 (1): 1-20. Consultado 25/09/15. Disponible en http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80402_MATERIAL_VEGETAL_DE_REPRODUCCION__MANEJO_CONSERVACION_Y_TRATAMIENTO/80402/7_GERMINACION_Y_DORMICION_DE_SEMILLAS.PDF.
- Quer, F. 1985. Diccionario de botánica. Barcelona-España, Edit. Labor S.A. 1244p.

- Querol, L. 1988. Recursos genéticos, Nuestro Tesoro olvidado. Aproximación técnica y socioeconómica. Industrial gráfica S.A. Lima, Perú. 218p.
- Ramírez, JP; Terán RT; Sánchez I; Seminario J. 2006. Etnobotánica de la "Valeriana" (*Valeriana* spp.) en la Jalca de Cajamarca, Perú. *Arnaldoa* 13(2): 368-379.
- Rosseti, S. 2014. Análisis de factores que afectan la germinación de semillas de *Panicum coloratum*. Tesis ingeniero en producción pecuaria. Argentina. Universidad Católica de Argentina. Consultado 23-10-15. Disponible en <http://bibliotecadigital.Uca.edu.ar/repositorio/tesis/análisis-factores-germinacionpanicum.pdf>.
- Rumay, L. 2010. Ensayo de cinco formas de manejo de valeriana (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pavón) en Huanico-Cajamarca. Tesis ingeniero Agrónomo. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. Pp 6- 41.
- Ruiz, P.A. SF. Latencia: cuando las semillas duermen. Consultado el 17/10/15. Disponible en http://www.revista-mm.com/ediciones/rev67/forestal_latencia.pdf.
- RHS (The Royal Horticultural Society). 1995. RHS colour chart. The Royal Horticultural Society. London, Uk.
- Salisbury, FB. 1992. Fisiología de las plantas: desarrollo de las plantas y desarrollo ambiental. Trad. JM Alonso. Madrid – España, Edit. Thomson Spain. 988p.
- Sánchez, I. 2011. Especies medicinales de Cajamarca. Martínez Compañón. Cajamarca-Perú, Edit. S.R.L. Pp 266-268.
- Sánchez, I. 1999. Aspectos florísticos de la Jalca de Cajamarca y alternativa de manejo sostenible. *Arnaldoa* 4(2):25-62.
- Terán, EB. 2002. Efecto del ácido giberélico y se del contenido de humedad sobre la germinación de la semilla de Jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). Honduras. Consultado el 20-10-15. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2096/1/T1776.pdf>.
- Urbano, P. 2002. Fitotecnia: Ingeniería de la producción vegetal. México, D.F., Edit. Mundi-prensa. 528p.
- U.S.D.A (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América). 1986. Décima segunda impresión. Trad. A Marino. México, Edit. Continental S.A. 1020p.
- Vargas, L. R; Naccarato, P. 1995. De Salvia y Toronjil Guía de Medicina Natural para la Salud de la Mujer. Lima – Perú, Edit. Gráfico Bellido.112p.
- Valla, J. 1979. Botánica: morfología de las plantas superiores. ed. Argentina, Edit. Hemisferio sur S.A. 332p.

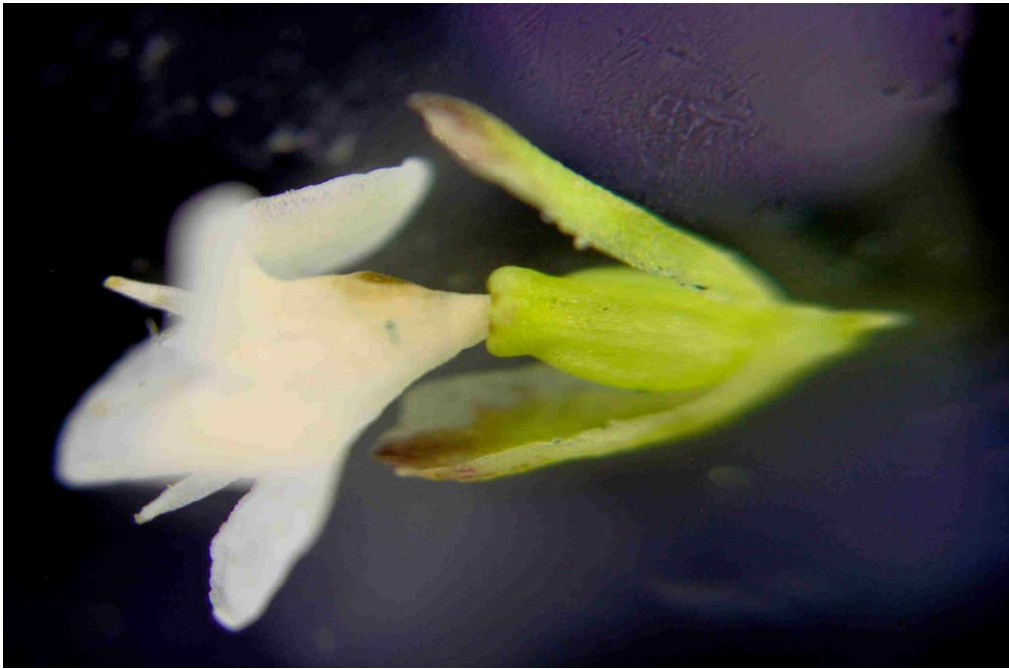
ANEXOS



Figuras 16. Colecta y manejo de muestras: A. Colecta en Huanico (2015) B. Separación de brotes en invernadero.



Figuras 17. *Valeriana pilosa* R&P. en su hábitat natural (Huanico 2015).



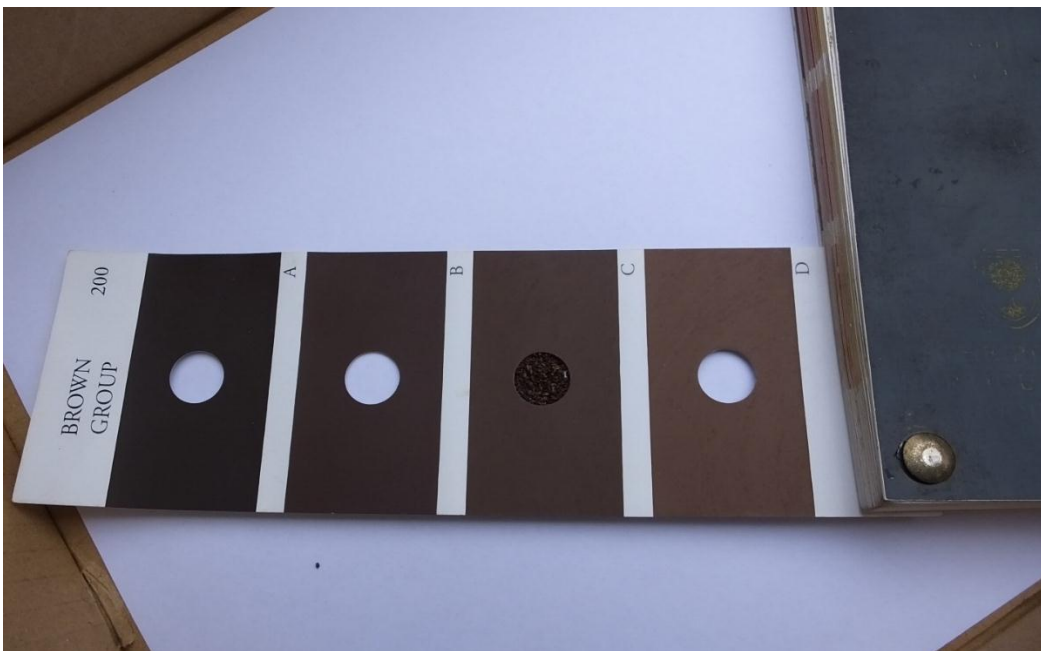
Figuras 18. Flor de valeriana próxima a la caída de la corola y ovario visible en la parte inferior.



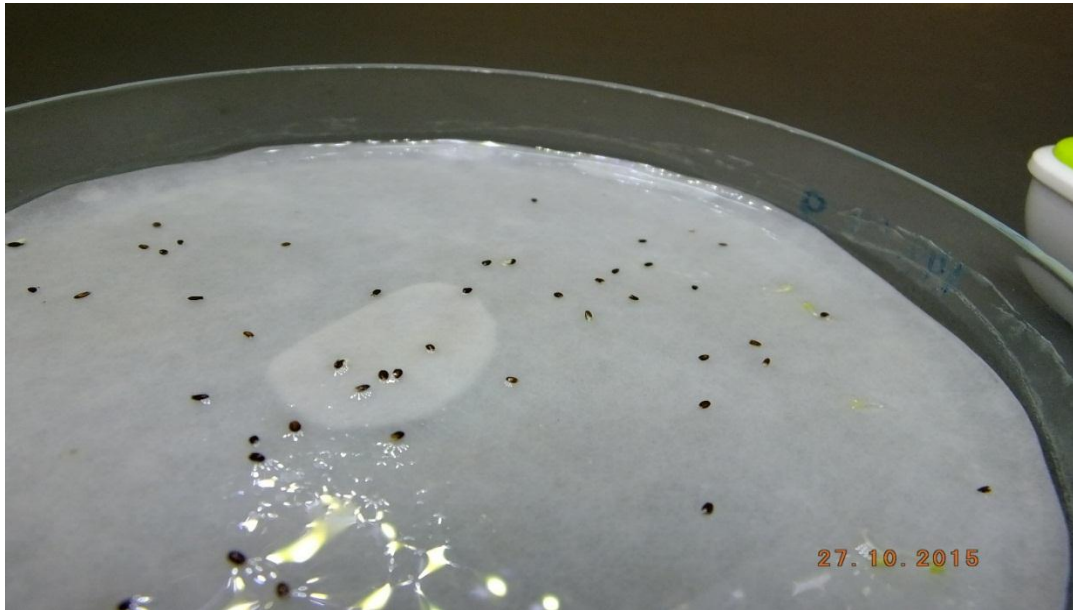
Figuras 19. Semilla madura de *V. pilosa*. Obsérvese el papus plumoso de seis filamentos plumosos.



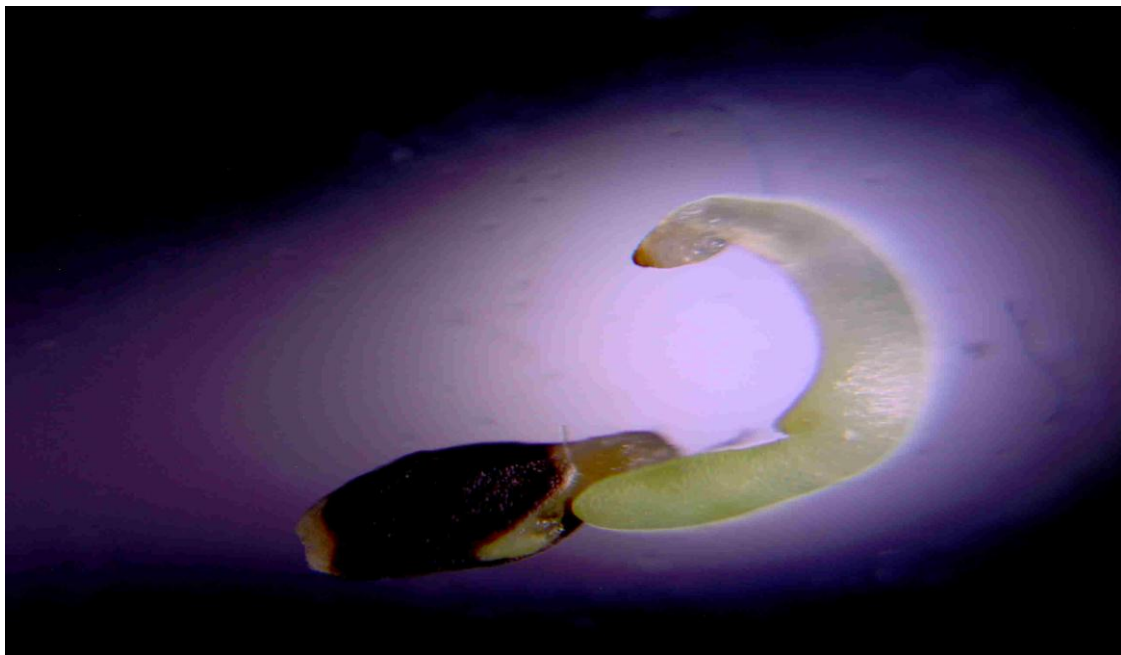
Figuras 20. Semillas de *Valeriana pilosa*, seleccionadas.



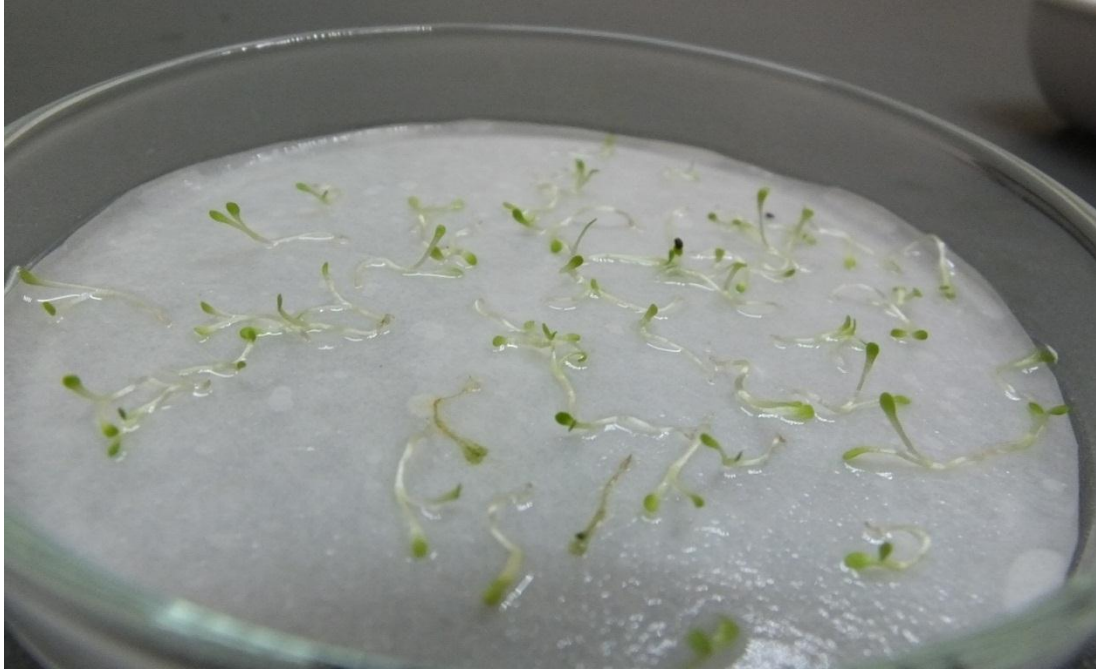
Figuras 21. Determinación del color de la semilla con la tabla de colores con RHS Colour chart (RHS 1995).



Figuras 22. Disposición de las semillas de valeriana en caja Petri, y papel húmedo, para el ensayo de germinación.



Figuras 23. Semilla de *Valeriana pilosa* R&P con la radícula expuesta, vista en el esteroscopio.



Figuras 24. Plántulas de valeriana de un mes de edad, en laboratorio.



Figuras 25. Plántulas de Valeriana de cuatro meses de edad, trasplantada en maceta.

Tabla 12. Porcentaje de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 19 °C (datos originales).

Bloques	TRATAMIENTOS			Total bloques
	6 meses	4 meses	2 meses	
I	18	72	38	128
II	20	72	48	140
III	24	94	40	158
Total	62	238	126	426
Prom.	20.67	79.33	42	47.33

Tabla 13. Porcentaje de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 19 °C (datos transformado con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$).

Bloques	TRATAMIENTOS			Total bloques
	6 meses	4 meses	2 meses	
I	25.10	58.05	38.05	121.20
II	26.56	58.5	43.85	128.91
III	29.33	75.82	39.23	144.38
Total	80.99	192.37	121.13	394.49
Prom.	27.00	64.12	40.38	43.83
DS	2.15	10.13	3.07	

Tabla 14. Porcentaje de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 25°C (datos originales).

Bloques	TRATAMIENTOS			Total bloques
	6 meses	4 meses	2 meses	
I	6	28	10	44
II	8	34	12	54
III	10	26	12	48
Total	24	88	34	146
Prom.	8	29.33	11.33	16.22

Tabla 15. Porcentaje de germinación de semillas de tres edades postcosecha a 25 °C (datos transformado con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$).

Bloques	TRATAMIENTOS			Total bloques
	6 meses	4 meses	2 meses	
I	14.18	31.95	18.43	64.56
II	16.43	35.67	20.27	72.37
III	18.43	30.66	20.27	69.36
Total	49.04	98.28	58.97	206.29
Prom.	16.35	32.76	19.66	22.92
DS	2.13	2.60	1.06	

Tabla 16. Porcentaje de germinación de semillas de tres edades postcosecha del ensayo de fotoperiodo (datos originales).

Bloques	TRATAMIENTOS			Total bloques
	6 meses	4 meses	2 meses	
I	18	42	40	100
II	14	34	44	92
III	18	34	24	76
Total	16.67	36.67	36.00	268
Prom.	16.67	36.67	36	29.78

Tabla 17. Porcentaje de germinación de semillas de tres edades postcosecha del ensayo de fotoperiodo (datos transformado con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$).

Bloques	TRATAMIENTOS			Total bloques
	7 meses	4 meses	2 meses	
I	14.18	31.95	18.43	64.56
II	16.43	35.67	20.27	72.37
III	18.43	30.66	20.27	69.36
Total	49.04	98.28	58.97	206.29
Prom.	16.35	32.76	19.66	22.92
DS	2.13	2.60	1.06	

Tabla 18. Porcentaje de germinación de semillas del ensayo de tres concentraciones (400, 800 y 1200 ppm) de AG₃ y cuatro tiempos de remojo (24, 48, 72 y 96 horas) (datos originales).

AG3	400				800				1200				TOTAL BLOQUES
Tiempo (hr)	24	48	72	96	24	48	72	96	24	48	72	96	
I	62	40	34	4	54	54	32	54	30	52	62	40	340
II	52	46	52	46	62	6	62	46	6	68	66	56	464
III	68	56	72	52	52	34	44	38	56	56	52	50	454
TOTAL	0	40	128	100	62	94	138	138	56	176	180	146	1258
PROM.	0	13.3	42.7	33.3	20.7	31.3	46	46	18.7	58.7	60	48.7	47.66

Tabla 19. Porcentaje de germinación de semillas del ensayo de tres concentraciones (400, 800 y 1200 ppm) de AG₃ y cuatro tiempos de remojo (24, 48, 72 y 96 horas) (datos transformado con $Y = \text{Arcoseno}\sqrt{P}$).

AG3	400				800				1200				TOTAL BLOQUES
Tiempo (hr)	24	48	72	96	24	48	72	96	24	48	72	96	
I	51.94	39.23	35.67	11.54	47.29	47.29	34.45	47.29	33.21	46.15	51.94	39.23	485.23
II	46.15	42.71	46.15	42.71	51.94	14.18	51.94	42.71	14.18	55.55	54.33	48.45	511
III	55.55	48.45	58.05	46.15	46.15	35.67	41.55	38.01	48.45	48.45	46.15	45	557.63
TOTAL	153.6	130.4	139.9	100.4	145.4	97.14	127.9	128	95.84	150.2	152.4	132.7	1553.86
PROM.	51.21	43.46	46.62	33.47	48.46	32.38	42.65	42.67	31.95	50.05	50.81	44.23	43.16