

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**



**EFFECTO DE LA LUZ ROJA SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE
Swietenia macrophylla G. King. "caoba" y *Calycophyllum spruceanum*
(Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona"**

Tesis

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCION FORESTALES**

JORGE LUIS HIDALGO SARRIA

PROMOCIÓN 2004 - II

**Tingo María – Perú
2008**

F62

H48

Hidalgo Sarria, Jorge L.

Efecto de la Luz Roja Sobre la Germinación de Semillas de *Swietenia Macrophylla* G. King. "caoba" y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona". Tingo María, 2008

65 h.; 16 cuadros; 16 fgrs.; 25 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales)
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad
de Recursos Naturales Renovables.

SWIETENIA MACROPHYLLA G. KING. / VIVERO / SEMILLAS /
CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM (BENTHAM) F. EX SCHUMAN
/ EFECTO DE LA LUZ EN LA GERMINACIÓN / TINGO MARÍA /
RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 05 de noviembre de 2008, a horas 06:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

EFECTO DE LA LUZ ROJA SOBRE LA GERMINACION DE SEMILLAS DE *Swietenia macrophylla* G. King. “Caoba” y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona”

Presentado por el Bachiller: **JORGE LUIS HIDALGO SARRIA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “MUY BUENO”.

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 05 de febrero de 2009

Ing. M.Sc. CASIANO AGUIRRE ESCALANTE
Presidente

Ing. M.Sc. LUIS ALBERTO VALDIVIA ESPINOZA
Vocal



Lic. CESAR SANTISTEBAN ALVARADO
Vocal

Blgo. ARMANDO MARTIN ENEQUE PUICON
Asesor

DEDICATORIA

A Dios Padre, por la fuerza espiritual que me ha permitido culminar mi profesión satisfactoriamente.

A mis queridos padres: Jorge Hidalgo Sifuentes y Marisol Sarria Ruiz, con amor y eterna gratitud, por el apoyo incondicional y por sus sabios consejos que siempre me inculcaron hacia el camino de la superación haciendo posible mi profesión.

A mis queridos hermanos: Shelka Lorena y Juan Carlos por el amor que les tengo.

A mi esposa: María Ofelia Hosokay Oliveros; por su comprensión y su desinteresado apoyo moral y en el desarrollo de la tesis.

A mi querida abuelita: Mamá luz, por el gran cariño que le tengo y por los consejos y sabidurías que me ha brindado.

AGRADECIMIENTO

Al Biólogo Armando Martin Eneque Puicón, patrocinador del presente trabajo de investigación.

A la Bachiller María Ofelia Hosokay Oliveros, por su colaboración y apoyo incondicional en el trabajo de investigación.

A la Universidad nacional Agraria de la Selva (UNAS), por ser el Alma Mater que me brindó la oportunidad para formarme como profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por haber sido los forjadores para mi formación profesional.

A todos mis compañeros de aulas, amigos que compartimos momentos gratos dentro de la casa de estudios. Y a todas las personas que de alguna forma influyeron en mi formación profesional y en la realización de la tesis, ya que no alcanzo a recordar y espero que me disculpen.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	01
II. REVISIÓN DE LITERATURA	04
2.1. Características generales de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King	
“caoba”	04
2.1.1. Descripción taxonómica	04
2.1.2. Descripción de la especie	04
2.1.3. Fenología	05
2.1.4. Descripción de las semillas	05
2.1.5. Germinación	06
2.2. Características generales de la <i>Calycophyllum spruceanum</i>	
(Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona”	07
2.2.1. Descripción taxonómica	07
2.2.2. Descripción especie	08
2.2.3. Fenología	08
2.2.4. Descripción de las semillas	09
2.2.5. Germinación	09
2.3. La semilla	10
2.4. Germinación de semillas	11
2.5. Poder germinativo	11
2.6. Energía germinativa	12
2.7. Condiciones de la germinación	12
2.7.1. Condiciones internas	12

2.7.2.	Condiciones externas	13
2.8.	Factores internos que afectan la germinación	14
2.9.	Participación de la luz en la germinación de semillas	14
2.10.	Luz o espectro visible	16
2.11.	Principales sistemas de iluminación artificial	18
2.11.1.	Lámparas incandescentes	18
2.11.2.	Lámparas fluorescentes	19
2.12.	Magnitudes y unidades de medida de la luz	19
2.12.1.	Potencia	19
2.12.2.	Flujo luminoso	19
2.12.3.	Intensidad luminosa	20
2.12.4.	Iluminancia	20
2.12.5.	Rendimiento luminoso	21
2.13.	Relación de la luz sobre el crecimiento y desarrollo de plantas.	21
2.14.	Efecto de la luz y temperatura en la germinación de semillas...	23
2.15.	Respuestas fisiológicas de las plantas frente al estímulo de luz	24
2.16.	Importancia de la luz en las plantas	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1.	Ubicación del campo experimental	29
3.2.	Tratamientos	29
3.3.	Disposición del experimento	30
3.4.	Análisis estadístico	30
3.5.	Metodología	31
3.5.1.	Obtención de semillas puras	31

3.5.2.	Instalación del experimento	31
3.5.3.	Elaboración e instalación de los filtros	33
3.5.4.	Preparación del sustrato	34
3.5.5.	Construcción de cortinas de polietileno	34
3.5.6.	Distribución y siembra de las semillas	34
3.5.7.	Labores culturales	35
3.5.8.	Evaluaciones.....	35
3.5.8.1.	Prueba de germinación	35
3.5.8.2.	Energía germinativa	36
3.5.8.3.	Intensidad de luz	37
3.5.8.4.	Temperatura	37
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1.	De la <i>Swietenia macrophylla</i> G. King “caoba”.....	38
4.1.1.	Evaluación de la germinación de las semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King “caoba” por efecto de los diferentes tratamientos	38
4.1.2.	Evaluación de la energía germinativa las semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King “caoba” por efecto de los diferentes tratamientos	45
4.2.	De la <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona”	47
4.2.1.	Evaluación de la germinación de las semillas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona” por efecto de los diferentes	

tratamientos	47
4.2.2. Evaluación de la energía germinativa de las semillas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona” por efecto de los diferentes tratamientos	54
4.3. De la <i>Swietenia macrophylla</i> G. King “caoba” y <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona”	56
V. CONCLUSIONES	58
VI. RECOMENDACIONES	59
VII. ABSTRACT	60
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
IX. ANEXO	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Tipos de luz artificial y sus efectos en las plantas.....	27
2. Esquema del análisis de varianza.....	31
3. Germinación acumulada por día de las semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. "caoba".....	39
4. Analisis de varianza de la germinacion de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. "caoba".....	41
5. Prueba de DUNCAN al 0,05 de significancia en la germinación de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. "caoba".....	42
6. Promedio de intensidad de luz para las semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> King. "caoba".....	44
7. Promedio de temperatura para las semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. "caoba".....	45
8. Energía germinativa de la semilla de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. "caoba".....	46
9. Germinacion acumulada por día de las semilla de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".....	48
10. Analisis de varianza de la germinación de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".....	50
11. Prueba de DUNCAN al 0,05 de significancia en la germinación de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".....	51
12. Promedio de intensidad de luz para la semilla de <i>Calycophyllum</i>	

<i>spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".....	53
13. Promedio de temperatura para la semilla de <i>Calycophyllum</i> <i>spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".....	54
14. Energía germinativa de la semilla de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".....	55
15. Germinación de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. "Caoba".....	66
16. Germinación de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Longitud de onda en nanómetros.....	16
2. Filtro de celofán rojo.....	33
3. Distribucion de los tratamientos.....	33
4. Número de semillas germinadas por día de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. "caoba".....	40
5. Porcentaje de germinacion de la semilla de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. "caoba.....	43
6. Energía germinativa de las semillas de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. "caoba" por tratamiento.....	46
7. Número de semillas germinadas por día de <i>Calycophyllum</i> <i>spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona"	49
8. Porcentaje de germinación de las semillas de <i>Calycophyllum</i> <i>spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".....	53
9. Energía germinativa de las semillas de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona"	55
10. Histograma del porcentaje de germinación de semilla de <i>Swietenia</i> <i>macrophylla</i> King. "caoba" y semilla de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".....	57
11. Semilla de <i>Swietenia macrophylla</i> King. "caoba" irradiadas por luz con foco.....	70
12. Semilla de <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. "caoba" irradiadas por luz con fluorescentes.....	70

13. Semilla de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba" germinada..... 71
14. Semillas germinadas de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham)
Hooker f. ex Schuman "capirona" irradiadas por luz con foco..... 71
15. Semilla de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex
Schuman "capirona" irradiadas por luz natural..... 72
16. Semilla de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex
Schuman "capirona" germinada..... 72

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló en el vivero forestal y ornamental "El Silvicultor" de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, donde se evaluaron el efecto de la luz roja irradiada por una lámpara fluorescente, lámpara incandescente y luz natural para conocer la inducción a la germinación con respecto al poder germinativo y energía germinativa de las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. y *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f. ex Schuman. Se emplearon seis tratamientos: luz roja con lámpara fluorescente (T1), luz roja con lámpara incandescente (T2), luz roja natural (T3), luz con lámpara fluorescente (T4), luz con lámpara incandescente (T5) y luz natural (T6); usando para tal efecto, un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento.

Las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. y *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f. ex Schuman, sometidas a luz roja con lámpara incandescente lograron el proceso germinativo en menor tiempo (16 y 13 días respectivamente). Las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. sometidos a luz roja con lámpara incandescente logró el mayores porcentaje de poder germinativo (72 %) y energía germinativa (25 %) durante un periodo de 27 días. Así mismo, las semillas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hooker f. ex Schumane, sometidas a lámpara fluorescente, logró el mayor porcentaje de poder germinativo (51.5 %) y energía germinativa (19.4 %) durante un periodo de 34 días.

I. INTRODUCCIÓN

La semilla constituye dentro del ciclo de vida de las plantas la unidad de dispersión y el medio de perpetuación de las especies se da mediante el proceso germinativo (AZCÓN-BIETO, 2000). En el proceso germinativo influyen diversas condiciones como humedad, temperatura, oxígeno iluminación, entre otros, que ayudan a acelerar o retardar la germinación.

La luz juega un rol importante en la vida de las plantas, no solo como fuente de energía, sino también como respuestas adaptativas a su medio ambiente, por medio de proteínas específicas. Por consiguiente, el manejo de la luz es un factor importante en el desarrollo y crecimiento de las plantas.

La luz penetra muy raramente en el suelo a más de 5 - 10 mm. de profundidad y por consiguiente la semilla para que germine debe estar enterrado en ese rango, esta luz que penetra hasta esa profundidad posee una relación alta de rojo lejano/rojo y puede ser capaz de inhibir la germinación. Algunas semillas que no son sensibles a la luz adquieren una cierta sensibilidad cuando son enterradas; la fotoinducción o fotoinhibición de la

germinación es uno de los casos más claros del control de un proceso fisiológico por un factor ambiental.

La mayor parte de las especies que responden a la germinación por la luz, no están domesticadas o como también son tan pequeñas que sus plántulas a veces no alcanzan la luz en la superficie del suelo, las semillas de algunas especies silvestres presentan incluso inhibición de la germinación por la luz.

No se sabe cuántas especies de plantas superiores presentan semillas fotoblásticas (germinación regulada por la luz), ya que la fisiología de las semillas de la gran mayoría de las plantas no han sido investigadas (VÁSQUEZ, 1997) y mucho menos en especies forestales.

En la selva peruana existen especies forestales nativas que no han sido investigadas en el comportamiento de la germinación por luz regulada; la capirona es una especie forestal de rápido crecimiento y maduración, siendo estas características atractivas para la industria forestal de nuestro país. Por otro lado, la caoba presenta múltiples propiedades (trabajabilidad, durabilidad y entre otros) que hace que sea una especie muy requerida para la industria de muebles, por ende esta especie está cada día más escasa.

Es así que se planteó el siguiente trabajo de investigación, si la luz roja generada por diferentes sistemas de iluminación (lámpara fluorescente,

lámpara incandescente y luz natural bajo sombra) influyen en la inducción de la germinación de semillas forestales *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba" y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumane "capirona".

Se trabajo bajo el planteamiento de los siguientes objetivos:
Determinar la influencia luz roja por lámpara fluorescente, lámpara incandescente y luz natural en el poder germinativo y energía germinativa de las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba" y Determinar la influencia luz roja por lámpara fluorescente, lámpara incandescente y luz natural en el poder germinativo y energía germinativa de las semillas de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumane. "capirona".

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características generales de *Swietenia macrophylla* G. King. “caoba”

2.1.1. Descripción taxonómica

Según MOSTACERO (1993), manifiesta que la clasificación taxonómica de la *Swietenia macrophylla* G. King. “Caoba” es como sigue:

CLASE	: MAGNOLIOPSIDA
SUBCLASE	: ROSIDAE
ORDEN	: SAPINDALES
FAMILIA	: MELIACEAE
GENERO	: <i>Swietenia</i>
ESPECIE	: <i>macrophylla</i>
NOMBRE CIENTÍFICO	: <i>Swietenia macrophylla</i> G. King.
NOMBRE COMUN	: “caoba”

2.1.2. Descripción de la especie

Árbol de 30 a 50 m de altura total. Presencia de aletas hasta 5 m de altura. Carece de ramificaciones hasta una tercera parte de su altura total. Corteza áspera con escamas planas separadas por grietas profundas. Copa extendida, aparasolada.

Hojas paripinnadas, glabras, alternas con 3 a 4 pares de hojuelas ovales u oval-elíptica, agrupadas al final de las ramas; flores unisexuales, agrupadas en inflorescencias axilares o sub-terminales; y los frutos son cápsulas erectas, elongadas con 4 a 5 valvas (FLORES, 2002).

2.1.3. Fenología

La floración ocurre desde setiembre hasta noviembre, la maduración de los frutos dura de de 8 a 10 meses y la diseminación de semillas ocurre de julio a setiembre del siguiente año. Las semillas son grandes y aladas, siendo fácilmente dispersadas por el viento. Durante la diseminación se presenta una defoliación parcial de la copa. Esta especie posee uno de los ciclos fenológicos más largos en comparación con otras especies (FLORES, 2002).

2.1.4. Descripción de las semillas

Semillas de color pardo oscuro lustroso. Cotiledones completamente soldados entre si formando un solo cuerpo. Endospermo muy rudimentario. Sus dimensiones varían de 70 a 100 mm de largo, 15 a 30 mm de ancho y de 4 a 8 mm de altura. El número de semillas es entre 40 y 60 por fruto. Las semillas deben ser necesariamente cosechadas escalando el árbol, cuando los frutos obtengan un color pardo oscuro y comiencen a abrirse. Las semillas mostraron muy buenas condiciones en almacenamiento a temperatura

ambiente, se estableció que pueden almacenarse de esta forma durante 24 meses llegando a 45 % de germinación. Las semillas de esta especie se pueden clasificar como ortodoxas (FLORES, 2002).

2.1.5. Germinación

VARGAS y RODRIGUEZ (1986) mencionan que, en el vivero forestal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se han desarrollado ensayos de la germinación de las semillas de *S. macrophylla* G. King a nivel de vivero obteniendo los siguientes resultados: poder germinativo: 84 %, energía germinativa: 48.5 %, resistencia a la germinación: 25 días, periodo de germinación: 17 días, tipo de siembra: directa, cría en el vivero: 4 a 6 meses, posición de siembra correcta: horizontal (hendidura hacia arriba). Aparte del tratamiento pre germinativo del corte de las alas de las semillas, no se requieren ningún otro tipo de tratamiento.

La germinación ocurre entre 15 y 25 días después del almacigado. Con semillas recién cosechadas se obtiene entre 90 a 100 % de germinación (FLORES, 2002).

Según Vargas y Rodríguez, (1986), citado por LANARES (2007), realizaron trabajos con caoba en la zona de Tingo María, el cual obtuvieron 48.5 % de poder germinativo, por otro lado LANARES (2007), realizó trabajo con esta misma especie sobre el efecto de dosis de nitrógeno, fosforo y

potasio, donde obtuvo un 84.2 % de energía germinativa y 90 % de poder germinativo con la dosis de (60 - 140 - 60) de N P₂O₅ y K₂O.

VARGAS (1988) al realizar pruebas de germinación de caoba considerando la influencia de factores temperatura y humedad en el almacenamiento de 30, 60, 90 y 120 días, logro un poder germinativo para dichas semillas de 88, 74, 62 y 48 % respectivamente.

ROJAS (1987) uso tres tipos de sustratos en la propagación de caoba, obtuvo 86 % de poder de germinación con el sustrato suelo-cascara de arroz.

FONSECA (2002) realizó siembra directa de caoba en bosque primario del Bosque reservado de la UNAS, logrando 22 % de poder germinativo.

2.2. Características generales de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona”

2.2.1. Descripción taxonómica

Según MOSTACERO (1993), manifiesta que la clasificación taxonómica de la *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman “Capirona” es como sigue:

CLASE	: DICOTYLEDONEAE
SUB CLASE	: METACHLAMYDAE
ORDEN	: GENTIANALES
FAMILIA	: RUBIACEAE
GÉNERO	: <i>Calycophyllum</i>
ESPECIE	: <i>C. spruceanum</i>
NOMBRE CIENTÍFICO	: <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Bentham) Hooker f. ex Schuman
NOMBRE COMUN	: "Capirona"

2.2.2. Descripción de la especie

Árbol de hasta 35 m de altura y 80 cm de diámetro. Fuste recto y cilíndrico. La corteza externa es de color verde petróleo, con ritidoma coriáceo de color rojizo que se desprende anualmente dejando al descubierto la corteza brillante.

Las hojas son simples, opuestas, pecioladas, con estipulas terminales; las flores pequeñas, blancas, aromáticas, bisexuales, agrupadas en inflorescencia terminales. Los frutos son más o menos cilíndricas; y las semillas son pequeñas, comprimidas con alas en los extremos (FLORES, 2002).

2.2.3. Fenología

La floración y fructificación ocurren todos los años. La floración dura de 2 a 4 meses (marzo a junio). Posteriormente las flores caen y aparecen los frutos en forma de cápsulas alargadas de color verde amarillento. La

maduración de los frutos dura 3 a 5 meses y la diseminación de semillas empieza en agosto pero alcanza su máxima intensidad en los meses de setiembre y octubre, a fines de la época seca. Frecuentemente durante la diseminación de semillas se presenta una defoliación total o parcial de la copa. Después de la dispersión de semillas los restos de los frutos secos quedan en las ramas por varias semanas (FLORES, 2002).

2.2.4. Descripción de las semillas

Semillas pequeñas, comprimidas, con alas laterales. El embrión se encuentra bien desarrollado con cotiledones foliáceos. Sus dimensiones incluyendo el ala varían de 5 a 6 mm de largo, 1 a 2 mm de ancho y de 1 mm de altura. El número de semillas es entre 10 a 30 semillas por fruto. Para su recolección se debe escalar el árbol y cortar las ramas contenidas de frutos con mucho cuidado, debido a que las pequeñas semillas aladas son fácilmente dispersadas por el viento. Los frutos deben continuar su secado bajo sombra hasta que se abran totalmente (FLORES, 2002).

2.2.5. Germinación

La germinación ocurre entre 15 a 40 días después del almacigo. La tasa de germinación es baja (aproximadamente 30 a 50 %), pero es compensado por el gran número de semillas por unidad de masa. La semillas no requiere ningún tratamiento pre germinativo (FLORES, 2002).

Según Reynel *et al.* (2003), citado por ZELADA (2007), manifiesta que la capirona después de haber sido sembrada en sustrato, presenta una germinación inicial alrededor de 3 a 5 días, dando a conocer una cantidad de semillas viables las que se dice que a partir de semillas frescas que se recolectaron de arboles con buenas características fenotípicas y genotípicas se podrán obtener un poder germinativo de 80 a 90 %.

ZELADA (2007) estudió el efecto de la temperatura y humedad en la viabilidad de semillas de capirona, y el tratamiento con temperatura de 5 °C y humedad de 4 % fue el mejor ya que obtuvo 77.56 % de poder germinativo.

2.3. La semilla

La semilla deriva del óvulo fecundado y a su madurez, contiene el embrión y las sustancias de reserva rodeados por el tegumento seminal o episperma. El embrión se halla en estado de latencia y la ubicación y origen de los tejidos que acumulan las reservas pueden ser variables, también puede ser distinta la posición del embrión. Los tamaños, formas y colores de las semillas de distintas especies son sumamente variables y estos caracteres tienen valor sistemático en la clasificación de las plantas (VALLA, 1999).

La semilla es el óvulo maduro. Son estructuras reproductoras de las plantas que se reproducen sexualmente; las semillas se forman en las plantas con flores (angiospermas) dentro de una estructura llamada fruto; y la

semilla tiene un embrión, en el cuál se guarda una vida pero que está carente (latente).

2.4. Germinación de semillas

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables.

La germinación consiste en tres procesos parcialmente simultáneo:

- Absorción de agua, principalmente por imbibición que hace que la semilla se hinche y acabe abriéndose la cubierta seminal.
- Actividad enzimática e incremento de las tasas de respiración y asimilación, que indican la utilización de alimento almacenado y su transposición a las zonas de crecimiento.
- Engrandecimiento y divisiones celulares que tiene como consecuencia la aparición de la radícula (WILLIAMS, 1991).

2.5. Poder germinativo

VELASCO (s/f) menciona que, el poder germinativo de la semilla es la relación entre la cantidad de semillas germinadas y la cantidad de semillas analizadas a una temperatura de 24 °C con humedad suficiente.

2.6. Energía germinativa

WILLIAMS (1991) menciona que, la energía germinativa es una medida de la velocidad de la germinación y por ello se supone que también lo es del vigor de la semilla y probablemente germinen con rapidez y vigor, en las condiciones favorables serán capaces de producir plantas vigorosas en las condiciones que existen en el terreno.

2.7. Condiciones de la germinación

2.7.1. Condiciones internas

Dependen de las siguientes características:

- Las semillas deben estar bien constituidas, es decir con el embrión bien conformado y con las sustancias de reserva suficiente para poder germinar, por lo que entre el embrión y la testa de una semilla no debe existir ningún espacio ocupado por el aire.
- La semilla no debe haber sufrido ninguna alteración mecánica ni química: si el embrión ha sido cortado la semilla no sirve, sufre la acción de sustancias antisépticas durante cierto tiempo, el embrión pierde su poder germinativo y muere.
- La semilla debe estar madura: pues entonces el embrión está perfectamente desarrollado y será apto para originar una nueva planta.

- La semilla debe conservar la facultad germinativa: la semilla pierde su poder germinativo, después de un tiempo varía según la especie arbórea (VARGAS y RODRIGUEZ, 1988).

2.7.2. Condiciones externas

- **Agua:** el agua juega un papel muy importante en la germinación de las semillas, debido a que: es necesario para debilitar la cubierta, facilitar la salida del embrión, hidrolizar las sustancias de reserva y facilitar la acción de las biastazas, lo que permite al embrión alimentarse y desarrollarse.
- **Oxígeno:** la intensa respiración de la semilla en el proceso de germinación requiere de una dotación abundante de oxígeno, como en todos los tejidos donde el crecimiento y otras actividades celulares se estén realizando con gran énfasis.
- **Temperatura:** la germinación de la mayoría de las semillas de los árboles pueden producir dentro de una escala más o menos amplia de temperatura. Cada especie vegetal tiene una temperatura mínima debajo de la cual no puede germinar y una máxima, arriba de la cual las semillas tampoco germinan; entre ambos límites encuentra la temperatura óptima, ósea lo más apropiado para el desarrollo rápido del embrión. La germinación se produce mejor en general cuando la temperatura fluctúa y no permanece constante.

- **Luz:** algunas especies necesitan de luz para germinar, otras son inhibidas por la luz y la mayoría es indiferente (VARGAS y RODRIGUEZ, 1988)

2.8. Factores internos que afectan la germinación

Los factores que ocasionan la latencia de las semillas de las especies forestales se describen a continuación:

- El embrión puede estar fisiológicamente inmaduro.
- Las semillas cuentan con una cubierta impermeable al oxígeno o al agua.
- La cubierta de la semilla puede resultar demasiado fuerte para que el embrión en desarrollo lo pueda romper.
- Las semillas se desprenden del árbol antes que el embrión madure (VARGAS y RODRIGUEZ, 1988).

2.9. Participación de la luz en la germinación de semillas

Según SALISBURY (1991), la luz controla el proceso morfogénicos de las plantas que empieza con la germinación de las semillas, el desarrollo de las plántulas y culmina con la formación de nuevas flores y semillas, para lo cual primero debe absorber la luz con los fotorreceptores, así como el Fitocromo (absorbe luz del rojo y rojo lejano), el Criptocromo (absorbe luz del azul y del ultra violeta de onda larga), el Fotorreceptor (absorbe luz ultra violeta

de longitud de onda corta) y finalmente la Fotoclorofilina a, (absorbe luz roja y azul, que una vez reducida da clorofila a).

VASQUEZ (1997) menciona que, son tres las principales bandas del espectro lumínico que tienen acción sobre la germinación y corresponden a la franja de 660 nanómetros (rojo), 730 nanómetros (rojo lejano) y la luz comprendida entre 400 y 500 nanómetros (azul), esta última con un efecto mucho menor. Tanto el rojo como el rojo lejano son absorbidos por un compuesto denominado fitocromo que es una cromoproteína que actúa como sensor. Este pigmento en su forma activa es inductor de la germinación e interviene en procesos de permeabilidad, activación de enzimas y expresión genética.

La conversión de fitocromo inactivo a fitocromo activo por lo general se lleva a cabo bajo el efecto de la luz roja, y la reacción opuesta ocurre bajo el efecto del rojo lejano. Estas dos formas del fitocromo corresponden a cada uno de sus picos de absorción de la luz. Esta reacción de conversión en ambos sentidos está relacionada con la inducción y la inhibición de la germinación, y puede ser modificada o controlada por otros factores ambientales como la temperatura o el termoperiodo. La intensidad de la luz, el fotoperiodo y la cantidad de rojo en relación con el rojo lejano presente (denominada relación R:RL) modulan la respuesta de las semillas a la luz a través de este pigmento. La cantidad de fitocromo activo presente en una

semilla en el momento de su liberación determina si esta puede germinar en la oscuridad o si requerirá luz para iniciar el proceso.

En los lugares cubiertos de vegetación la luz que llega al suelo es pobre en rojo y rica en rojo lejano, mientras que en los lugares abiertos ambas longitudes de ondas llegan en igual proporción, debido a que la luz no ha sido filtrada por un dosel vegetal.

La iluminación en el ensayo de germinación es importante para inducir la germinación en semillas fotoblásticas positivas, y para producir un mejor desarrollo de las plántulas. Las condiciones utilizadas habitualmente en los laboratorios para girasol son de 16 - 8 horas de luz-oscuridad y entre 750 y 1500 unidades lux (PERETTI, 1994).

2.10. Luz o espectro visible

Según LIRA (1994), La luz visible se considera como aquella porción del espectro electromagnético entre los 400 a 700 nanómetros (nm) las plantas responden a un espectro de luz un poco más amplio (entre 300 a 800 nm).

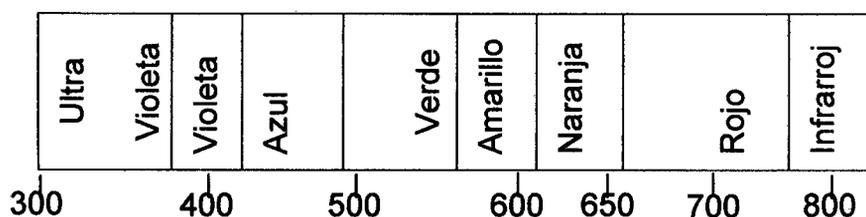


Figura 1. Longitud de onda en nanómetros.

La luz es estudiada por la óptica; el campo de la óptica incluye el estudio del espectro visible, el infrarrojo y el ultravioleta. Las diferentes sensaciones que la luz produce en el ojo, se denomina COLORES; dependen de la frecuencia (o de la longitud de onda) de la onda electromagnética y corresponden a los siguientes intervalos para la persona promedio.

La sensibilidad del ojo humano es máxima para longitudes de onda de 560 nm. aproximadamente. La relación entre el color y su longitud de onda o frecuencia se denomina también monocromática (mono: uno; chromos: color) (PÉREZ, 1998). Ciertas longitudes de onda son las que mejor aprovechan las plantas para realizar sus funciones vitales de fotosíntesis, fototropismo o fotomorfogénesis y son concretamente las del azul y rojo. Por lo tanto, al utilizar iluminación artificial, ésta debe suministrarse con lámparas adecuadas que proporcione este tipo de radiaciones.

Bárcena *et al.* (s/f), citado por TOLEDO (2003) señala, que la composición espectral de la luz, es percibida, por el sistema del fitocromo que puede presentarse en dos formas activas conocidas, como fitocromo rojo (Pr) y fitocromo rojo lejano (Pfr). Estas formas activas cambian de una a otra, según reciban luz roja con máximo de absorción en 660 nm o rojo lejano con máximo de absorción en 730 nm. Cada forma desencadena respuestas fisiológicas diferentes.

La duración del día, irradiancia y composición espectral, dependen mucho del tipo de lámpara; casi siempre se utiliza para el cultivo *in vitro*, tubos fluorescentes tipo blanco frío, aunque en algunos casos se han observado mejores resultados con luz de sodio de alta presión (PIERIK, 1990).

Aphalo (2001), citado por TOLEDO (2003) indica, que la luz presenta un comportamiento dual mostrando características de onda y partícula. Además es radiación electromagnética de onda larga la cual es sensible al ojo humano a una longitud de entre 400 y 700 nm. Las partículas de luz (longitud de onda corta) o quantum son llamadas fotones. La energía que contiene un fotón o quantum depende de la frecuencia (color).

Parte de la energía radiante, tiene influencia conocida sobre el desarrollo de las plantas, a veces, se usa el término luz para referirse a ese conjunto de radiaciones cuando en realidad se refiere al conjunto de radiaciones electromagnéticas con efectos fisiológicos.

2.11. Principales sistemas de iluminación artificial

2.11.1. Lámparas incandescentes

Producen luz por fenómenos de incandescencia del filamento calentado por el paso de la corriente eléctrica. Buena parte del espectro se

halla en la zona del rojo/rojo lejano. Producen gran cantidad de calor y mucho consumo de electricidad.

2.11.2. Lámparas fluorescentes

Pelacho *et al.*, (2002); citado por TOLEDO (2003) señala que, producen luz principalmente azul y roja. Son muy adecuadas para el crecimiento de vástagos y para enraizar esquejes, por lo que se recomiendan especialmente durante las primeras etapas de las plantas. Son bastante económicas, tienen un elevado rendimiento luminoso y no emiten demasiado calor. El principal problema es que ocupan mucho espacio.

2.12. Magnitudes y unidades de medida de la luz

2.12.1. Potencia

García y Boix (2000); citado por TOLEDO (2003) señala que, cuando se habla de 25 W o 60 W, entre otros, se refiere sólo a la potencia, consumida por una lámpara o bombilla de la cual solo una parte se convierte en luz visible.

2.12.2. Flujo luminoso

La magnitud fotométrica que se corresponde con el flujo radiante es el flujo luminoso (luminous flux), que se mide en lúmenes (lm). El flujo

luminoso mide la energía global emitida por una fuente luminosa (BOSCAROL, 2007).

2.12.3. Intensidad luminosa

Se corresponde con la intensidad radiante y su unidad de medida es la candela (cd). La intensidad luminosa permite evaluar cuanta parte del flujo luminoso de una fuente luminosa puntiforme se propaga en una determinada dirección dentro de un cono de ángulo sólido unitario (es decir, de un estereorradián) que tenga el vértice en la fuente de luz y como eje, la dirección de propagación. La candela es una de las siete unidades básicas del Sistema Internacional y su definición oficial es: "La intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente luminosa que emita una radiación monocromática de frecuencia 540 terahercios y cuya intensidad radiada en esa dirección sea de 1/683 vatios por estereorradián" (BOSCAROL, 2007).

La intensidad de la luz se define como la brillantes en forma de energía radiante; se mide en watts, calorías y luxes. La intensidad de la luz afecta el crecimiento de las plantas, pues altera la tasa de actividad fotosintética (LIRA, 1994).

2.12.4. Iluminancia

Es el flujo luminoso que incide sobre una superficie, dividido por el tamaño de dicha superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m^2 .

2.12.5. Rendimiento luminoso

García y Boix (2000); citado por TOLEDO (2003) menciona que, el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas (25 W o 60 W), mientras mayor sea mejor será la lámpara y menos gastará. La unidad es lumen por watt (lm/W).

2.13. Relación de la luz sobre el crecimiento y desarrollo de plantas

SALISBURY y ROSS (1991) sostienen que, la luz es un importante factor ambiental, que controla el crecimiento y el desarrollo de las plantas, por una primera parte en la fotosíntesis. De igual modo señala que influye en el fototropismo y al control de la morfogénesis por medio de la luz se le conoce como fotomorfogénesis. Además sostiene que para que la luz controle el desarrollo de la planta, ésta primero debe absorber luz, para esto se conocen cuatro tipos de fotorreceptores que influyen en la fotomorfogénesis de las plantas.

TLALKA *et al.*, (1999), describe que, las plantas poseen la habilidad para percibir y responder a las variaciones de intensidad y calidad de la luz, para su fisiología y desarrollo. Además agrega que clásicamente estas respuesta a la luz, tienen un grupo de longitudes de onda que incluye UVC (200 a 280 nm), UV-B (280 a 320 nm), UV-A (320 a 390 nm), luz azul (390 a 500 nm) y roja/roja lejana (600 a 750 nm).

La luz roja (660 nm) también estimula la formación de raíces adventicias, en *Helianthus tuberosus*, más que la luz azul (PIERIK, 1990).

Los autores SALISBURY y ROSS (1991), mencionan que para provocar una apertura estomática, la luz azul entre 430 y 460 nm fue más eficaz que la roja entre 630 y 680 nm.

Legnani y Miller (2000), citado por TOLEDO (2003) realizaron un experimento, conducido a evaluar el efecto del fotoperíodo sobre el crecimiento y peso seco en la separación de *Dahlia spp.* (Variedad rosa soleada), durante la producción de semilla y botonado, cuando estaban en macetas con unos 10 cm. Estos autores sostienen que el total de plantas no fueron afectadas por el fotoperíodo; sin embargo, las de día largo inhibieron la tuberización, desarrollo de raíces y mostraron incremento de los brotes.

TOLEDO (2003) evaluó el efecto de la longitud de onda sobre parámetros de crecimiento en seis especies vegetales cultivadas in vitro, éstas diferentes longitudes de ondas se dio por luz de color blanco, azul y rojo, las mejores respuestas a las variables estudiadas correspondió a la luz roja (T3) y la luz blanca (T1), algunas especies manifestaron respuestas singulares hacia la luz azul (T2). Por lo tanto en el estudio queda demostrado que al utilizar luz roja se estimula el vástago de especies vegetales, tales como begonias, dalias y papas, entendiendo esto como el crecimiento aéreo (número de nudos, número de hojas), además en papa el número de raíces se incremento con

éste Tratamiento, aún así la luz roja no es recomendable para el crecimiento aéreo de ésta especie, pero si para las especies anteriormente señaladas.

2.14. Efecto de la luz y temperatura en la germinación de semillas

MACIEL y BAUTISTA (1996) al estudiar los efectos de la luz sobre la germinación de la *Passiflora edulis* Sims. "parchita o granadía" sometidas a diferentes niveles de luz, de longitudes de onda y períodos tanto de luz como de oscuridad, lograron el mayor porcentaje de germinación (44,5 %) fue obtenido con semillas colocadas a plena oscuridad; mientras que el menor (8,5 %) se obtuvo con semillas expuestas a $27 \mu\text{mol. s}^{-1} \text{m}^{-2}$ de irradianza continúa. Las bandas de luz (longitudes de onda) unilateralmente actuando, inhiben la germinación, especialmente las correspondientes a la luz azul (2,7 %), y roja lejano (2,0 %). Las semillas expuestas a la luz desde 2 y hasta 12 días, inhibieron la germinación significativamente y de manera similar al causado por el efecto de cada una de las longitudes de onda; mientras que aquellas colocadas a diferentes períodos de oscuridad (2 a 12 días) presentaron altos valores de germinación. El efecto inhibitorio de la luz sobre la germinación parece ocurrir durante la fase de imbibición.

FACCINI y PURICELLI (2006) estudio el efecto de la temperatura y de la luz sobre la germinación de *Nicotiana longiflora* Cavanilles y *Oenothera indecora* Camb, con una temperatura constante la germinación fue mayor con luz entre los 20 y 35 °C para *N. longiflora* y entre 10 y 20 °C para *O. indecora*.

Con temperaturas alternadas, *N. longiflora* presentó mayor germinación en un rango amplio rango con luz, y en oscuridad fue mayor sólo con 10 a 20 °C. *O. indecora* germinó sólo con luz en un amplio rango de temperaturas alternadas.

2.15. Respuestas fisiológicas de las plantas frente a estímulos de luz

Los factores físicos juegan un papel determinante en la fisiología de las plantas. En tal sentido Pelacho *et al.* (2002), citado por TOLEDO (2003), indica que los principales aspectos relacionados con la luz en el cultivo *in vitro* son: cantidad y calidad luz y la alternativa de los ciclos luz /oscuridad. Parte de la energía radiante, tiene influencia conocida sobre el desarrollo de las plantas, a veces, se usa el término luz para referirse a ese conjunto de radiaciones cuando en realidad se refiere al conjunto de radiaciones electromagnéticas con efectos fisiológicos.

La importancia de la luz en las plantas no se limita solo a la captación de energía a través de la fotosíntesis. Estas poseen mecanismos diversos mediante los que detectan las variaciones cualitativas, de intensidad, dirección y periodos de luz, produciendo respuestas adaptativas (Coll *et al.*, 1993; citado por TOLEDO, 2003).

Pelacho *et al.* (2002), citado por TOLEDO (2003) indica que la luz es uno de los factores que determina el desarrollo de los organismos

autótrofos, en ello radica la importancia de controlar la luz en los cultivos *in vitro*.

Además Bárcena *et al.* (s/f), citado por TOLEDO (2003), señala que la luz controla el desarrollo y crecimiento de las plantas a través de los procesos de: fotosíntesis, cuya tasa de conversión de energía luminosa en energía química está determinada fundamentalmente por la intensidad de radiación en el espectro luminoso visible; así como también otras respuestas fisiológicas como fotorespiración, que se produce en presencia de luz y su tasa depende, de la intensidad luminosa; y además de procesos fotomorfogénicos como: floración, dormición, desarrollo vegetativo dependen de la duración relativa de los periodos de luz y oscuridad.

DOLORIER (1998) determinó que, la calidad de luz es el principal factor que influye en el contenido de clorofila a, siendo la luz roja la que genera una mayor respuesta comparada con la luz blanca y azul.

2.16. Importancia de la luz en las plantas

Según BOTANICAL (2008), la luz es el factor principal para el desarrollo y salud de las plantas. Mediante la luz las plantas desarrollan la fotosíntesis que le permite crear el alimento necesario para su organismo. El crecimiento de una planta, así como el número de horas que esta está activa, depende de luz que esta recibe. La luz depende de tres factores:

- **Intensidad**, la intensidad de luz depende de la luminosidad o el nivel de luz. La intensidad de luz se mide en footcandles (pie-bujía) o en lux. El footcandle es el nivel de luz producido por una candela a una distancia de 1 pie (30.48 cm). la unidad internacional para medir la luz es el lux, que es la cantidad de luz que recibe una superficie situada a 1 metro de distancia de una fuente de luz un lux equivale a 0,09 footcandles.
- **Duración**, es el tiempo total en el cual las plantas reciben luz. Este factor solamente influye en algunas plantas. En aquellas que son sensibles a lo que se conoce como fotoperiodo. Algunas plantas como el cactus de navidad, solamente producen flores cuando el fotoperiodo es corto, por eso florecen en esos días en el que el día presenta una corta duración (no más de 11 horas) y la noche es muy larga. Otras plantas, como las dalias claveles, orquídeas o begonias necesitan más horas de luz para conseguir una floración abundante. Si embargo, en general, la duración de la luz no influye en la mayoría de las plantas de interior.
- **Calidad de luz**, esta depende de longitud de onda. Es un factor a tener en cuenta en caso que quiera iluminar artificialmente una planta. Las luces artificiales pueden ser de numerosos tipos, cada uno de ellos produce diferentes efectos en el crecimiento de la planta, así como en el desarrollo de las hojas, las flores, los tallos, o los rebrotes, tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Tipos de luz artificial y sus efectos en las plantas de interior.

Tipo	Hojas	Tallos	Rebrotos	Floración
Lámparas fluorescentes, frías (ricas en azules y pobres en rojos) y calientes (ricas en rojos y pobres en azules)	Paralelas debajo de la luz	Crecimiento Lentos	Múltiples	Prolongada
Lámparas incandescentes (ricas en rojos e infrarrojos)	Palidas y mas delgadas	Muy alargadas	Inexistentes, solo crecimiento vertical	Muy rápida y corta
Lámparas de mercurio (ricas en azules y pobres en rojos)	Pálidas y mas delgadas	Muy alargadas	Inexistentes, solo crecimiento vertical	Muy rápida y corta
Lámparas de alta presión de mercurio (halogenuros metálicos) (ricas en azules, pobres en rojos)	Crecimiento equilibrado de las hojas	Crecimiento lento	Múltiples	prolongada
Sodio de lata presión (ricas en infrarrojos)	Más amplias que en las de mercurio	Crecimiento lento con mucho grosor	Múltiples	Tardía, peciolo floral corto
Sodio de baja presión	Muy verdes y más gruesas y amplias que en las demás iluminaciones	Muy lento	Exuberante	Normal, peciolo corto

Fuente: <http://www.botanical-online.com/plantasdeinteriorluz.htm>.

En general las luces incandescentes no son demasiado adecuadas para la iluminación artificial de las plantas de interior. Este tipo de luces produce rayos rojos pero muy pocos azules. Son un tipo de luces que genera mucho calor por lo que, si no se separan de las plantas, las pueden chamuscar. Además, cuando las separamos, rápidamente pierden intensidad lumínica por lo que las plantas aprovechan poco su luz. Son un tipo de bombillas baratas aunque se estropea con mucha facilidad. (Mientras que una

bombilla incandescente suelen durar unas 1000 horas) un tubo fluorescente, aunque sea más caro dura unas 10 veces más.

Los tubos fluorescentes son muy recomendados, especialmente los tubos fluorescentes fríos, los cuales son los más adecuados en los primeros estadios de las plantas cuando se requiere un crecimiento vegetativo mayor. Al ser pobres en rojos, genera poco calor por lo que se puede ponerse cerca a las plantas sin peligro de quemarlas y, al mismo tiempo, permiten aprovechar más la luz.

Para el desarrollo de las flores se puede emplear tubos fluorescentes calientes, en los que destaca el espectro rojo de la luz. Estos se pueden combinar con los fluorescentes fríos para que el desarrollo integral de la planta puede ser eficaz. Si embargo, si se dispone de un presupuesto más amplio, es mejor optar por las lámparas de sodio de alta presión, las cuales cubren prácticamente todos los espectros de la luz por lo que garantizan una cobertura total de las necesidades de la planta (BOTÁNICAL. 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de tesis se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en las instalaciones del vivero forestal y ornamental “El Silvicultor” de la Facultad de Recursos Naturales Renovables (cámara de germinación), ubicado en el campus universitario, en la margen derecha del río Huallaga, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco, cuya coordenada UTM es la siguiente: Este 390300, Norte 8970773 y Altitud 669 m.s.n.m.

3.2. Tratamientos

Los tratamientos son como se describe en la siguiente:

- Tratamiento 1 ⇒ T1: filtro rojo con lámpara fluorescente
- Tratamiento 2 ⇒ T2: filtro rojo con lámpara incandescente
- Tratamiento 3 ⇒ T3: filtro rojo con luz natural bajo sombra
- Tratamiento 4 ⇒ T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1)
- Tratamiento 5 ⇒ T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2)
- Tratamiento 6 ⇒ T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3)

3.3. Disposición del experimento

3.3.1. Caoba

- Número de repeticiones por tratamiento : 4
- Número de semillas por repetición : 25
- Número de semillas por tratamiento : 100
- Números de tratamientos : 6
- Número de semillas a evaluar : 600

3.3.2. Capirona

- Número de repeticiones por tratamiento : 4
- Número de semillas por repetición : 50
- Número de semillas por tratamiento : 200
- Números de tratamientos : 6
- Número de semillas a evaluar : 1200

3.4. Análisis estadístico

En el trabajo de investigación se utilizó el diseño completamente al azar "DCA", siendo el factor variable la luz roja generada por la presencia de papel celofán rojo e iluminadas por lámpara fluorescente, lámpara incandescente y luz natural bajo sombra. Los resultados de las características

evaluadas se sometieron al análisis de varianza y la significación estadística mediante la prueba de Duncan a un nivel de 0.05 de probabilidad.

Cuadro 2. Esquema del análisis de varianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	5
Error	18
Total	23

3.5. Metodología

3.5.1. Obtención de semillas puras

Para la realización de la investigación se utilizaron semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba" y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona", donde, se seleccionó las semillas asegurándonos que sean uniformes, viables, fitosanitariamente sanas y sin daño físico.

3.5.2. Instalación del experimento

El trabajo se desarrolló en el vivero forestal y ornamental "El Silvicultor" de la Facultad de Recursos Naturales Renovables (en los ambientes designado como cámara de germinación) el cual fue conducido bajo condiciones adecuadas.

Se dividió la cámara de germinación en tres secciones para luz roja generada por: lámpara fluorescente, lámpara incandescente y luz natural bajo sombra.

Las camas de germinación consistieron en 6 cajas de madera de 1 m de largo por 1 m de ancho y 0.2 m de altura, las mismas que fueron llenadas con arena de río, previamente desinfectada.

Asimismo, los equipos de iluminación consistieron en colocar soportes con sus respectivos accesorios para el funcionamiento de dos lámparas fluorescentes de marca Philips modelo TL/54 de 40 watt y luego se instaló 2 sockets con sus respectiva lámpara incandescente (foco) de marca Philips de 100 watt, colocados a 1 m de altura sobre el sustrato (arena de río).

La disposición de las instalaciones fueron dos cajas por cada tratamiento, por especie, una caja fue para evaluar la influencia de la luz roja generada por el filtro de papel celofán iluminada con fluorescentes de 40 watt y otra caja fue usada como testigo, exponiéndola directamente a la luz generada por los fluorescentes. Los otros tratamientos fueron similares con la diferencia de que al segundo tratamiento se iluminó con dos focos de 100 watt de luz incandescentes y en el tercer tratamiento fueron colocados en condiciones de luz natural bajo sombra.

3.5.3. Elaboración e instalación de los filtros

Los filtros de papel celofán rojo fueron preparados para los tres primeros tratamientos (Figura 3). En la elaboración de los filtros se utilizó por tratamiento dos capas de papel celofán y se requirió 4 pliegos y un bastidor de madera de 1 metro de ancho por 1 metro de largo, el cual se pegó con terocal los bordes del papel celofán, de tal manera que pueda cubrir toda la extensión de las cajas de madera, para impedir el ingreso de luz por otro lado que no sea a través del filtro (Figura 2). Estos filtros fueron colocados sobre las cajas de madera, quedando a unos 10 centímetros sobre el sustrato.

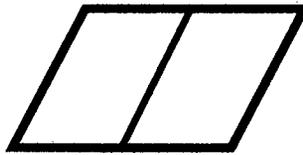


Figura 2. Filtro de celofán rojo.

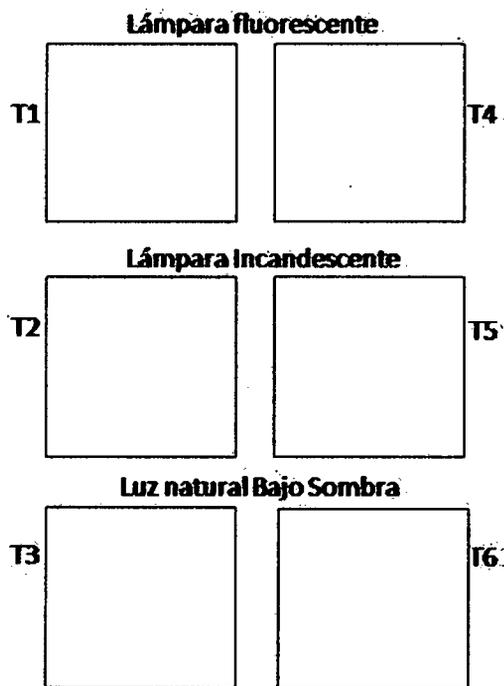


Figura 3. Distribución de los tratamientos.

3.5.4. Preparación del sustrato

Como sustrato se utilizó arena de río previa desinfección. Primero se ha soleado la arena en calaminas por 5 horas y finalmente después de haber llenado las cajas con el sustrato, se desinfectó con 3 cucharadas de Cupravit disueltas en un balde con 4 litros de agua. Este proceso se realizó para cada caja.

3.5.5. Construcción de cortinas de polietileno

Se protegieron con plástico de polietileno de color negro de 2 metros de ancho los contornos de las camas de germinación de los tratamientos con lámparas fluorescentes y lámparas incandescentes, para evitar el ingreso directo de luz del espectro visible; las cortinas de polietileno estuvieron soportadas con alambres desde la parte superior de la estructura del techo de la cámara de germinación.

3.5.6. Distribución y siembra de las semillas

Se utilizó como material biológico a las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba" y de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".

Primero se dividió en cuatro partes las cajas de madera (Figura 11, 12 y 13) y estos representaron a las repeticiones de cada tratamiento rotulando del 1 al 4, orientadas en dirección horaria. Luego se colocaron las semillas de manera ordenada por filas y columnas, para que las semillas estén distribuidas

homogéneamente. En el caso de las semillas de caoba, primero se rompió las alas de las semillas, luego se sembró de manera vertical a 2 cm de profundidad y finalmente alrededor de la semilla se realizó una presión leve del suelo con los dedos para no dejar espacios vacíos. Para el caso de la capirona, se realizó un pequeño orificio con una estaca de 20 cm de longitud, en la cual se colocaron las semillas.

3.5.7. Labores culturales

Para el buen desarrollo del trabajo, se dio las condiciones adecuadas a las plantas en el vivero, tales como luz, ventilación y humedad. Se regó todos los días hasta iniciar la germinación, posteriormente se regó de aproximadamente pasando un día (inter diario).

Después de iniciar la germinación de las semillas se aplicaron un fungicida para prevenir el ataque de hongos a las plántulas de caoba y capirona.

3.5.8. Evaluaciones

3.5.8.1. Prueba de germinación

Mediante esta prueba se determinó el porcentaje de germinación promedio de las repeticiones para cada tratamiento y de cada especie forestal (caoba y capirona), las evaluaciones se efectuaron desde el primer día de germinación de las semillas hasta el momento que dejaron de germinar. Para evitar repetir el conteo de semillas germinadas por día, se colocó

mondadientes al costado de las semillas germinadas diariamente. Para el cálculo del poder germinativo de las semillas se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{PG \%} = (\text{Sg} / \text{Su}) \times 100$$

Donde:

PG = Poder germinativo en porcentaje (%)

Sg = Total de semillas germinadas

Su = Total de semillas utilizadas en el experimento

3.5.8.2. Energía germinativa

Se determinó con el promedio de semillas germinadas de cada repetición y por tratamientos. Para el cálculo del porcentaje de energía germinativa se utilizó la formula siguiente:

$$\text{EG \%} = (\text{Pe} / \text{PG}) \times 100$$

Donde:

EG = Energía germinativa en porcentaje (%)

Pe = Mayor número de semillas germinadas

PG = Total de semillas germinadas

3.5.8.3. Intensidad de luz

Para esta medición se realizó con un luxómetro (Standard lux meter-modelo: 407025), para medir la intensidad de luz; evaluando el rango de intensidad de luz que llega a las semillas por tres veces al día, la primera medición 8 a 9 a.m., la segunda de 12 a 1 p.m. y la tercera de 5 a 6 p.m.; medición que se realizó inter diariamente para cada tratamiento.

El sensor del luxómetro se puso orientado a los componentes que irradian luz, así de ésta manera se determino el promedio de lux que irradian los componentes lumínicos.

3.5.8.4. Temperatura

La medición de la temperatura se realizó con un termómetro digital (Digital Electronic Stem Thermometer), para determinar el promedio de la temperatura en grados centígrados; las evaluaciones se dio tres veces al día, la primera medición 8 a 9 a.m., la segunda de 12 a 1 p.m. y la tercera de 5 a 6 p.m., realizando la medición inter diaria para cada tratamiento. El termómetro se puso orientado a los componentes que irradian luz, así de ésta manera se determino el promedio de temperatura que irradian los componentes lumínicos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. De la *Swietenia macrophylla* G. King “caoba”

4.1.1. Evaluación de la germinación de las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King “caoba” por efecto de los diferentes tratamientos

El tratamiento T2 (luz roja generada con lámpara incandescente) fue el que germinó más rápido a comparación de los demás tratamientos, la germinación se inició después de los 16 días de haberse sembrado las semillas de caoba (resistencia a la germinación) y en un periodo de germinación de 12 días, el cual el tiempo es relativamente menor que el tratamiento T6 (luz natural bajo sombra sin filtro rojo) iniciando la germinación a los 18 días de haberse sembrado la semilla y en un periodo de germinación de 11 días (Cuadro 3 y Figura 4); pero ambos tratamientos son menores del rango que señalan VARGAS y RODRIGUEZ (1986), que menciona que esta especie en vivero tiene un resistencia a la germinación de 25 días y un periodo de germinación de 17 días; FLORES (2002) manifiesta que la germinación ocurre entre 15 y 25 días después del almacigado, este rango coincide con los resultados obtenido del tratamiento T2 y el tratamiento T5; el tratamiento T2 también logró un

mayor número de semillas germinadas, realizando este proceso unas 72 semillas, a comparación del T1 (luz roja generada con lámpara fluorescente) que germinaron 69 semillas y estos valores son más altos que los obtenidos en los tratamientos expuestos a luz natural bajo sombra en la cual solo germinaron 50 semillas (Cuadro 3 y Figura 4). El periodo total que duró el proceso de germinación desde el inicio de la misma hasta la última semilla germinada fue de 14 días.

Cuadro 3. Germinación acumulada por día de las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba". (100 semillas por tratamiento).

Días después de la siembra	T1	T2	T3	T4	T5	T6
16	0	3	0	0	0	0
17	2	3	0	4	0	0
18	5	8	2	3	0	2
19	6	6	7	5	4	3
20	16	8	6	12	4	6
21	8	18	8	6	6	4
22	7	6	7	5	4	6
23	5	4	6	4	10	9
24	7	5	7	3	8	4
25	3	3	5	4	5	8
26	6	6	4	4	3	3
27	4	2	3	3	0	3
28	0	0	1	1	0	2
29	0	0	1	0	0	0
TOTAL	69	72	57	54	44	50

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz roja natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

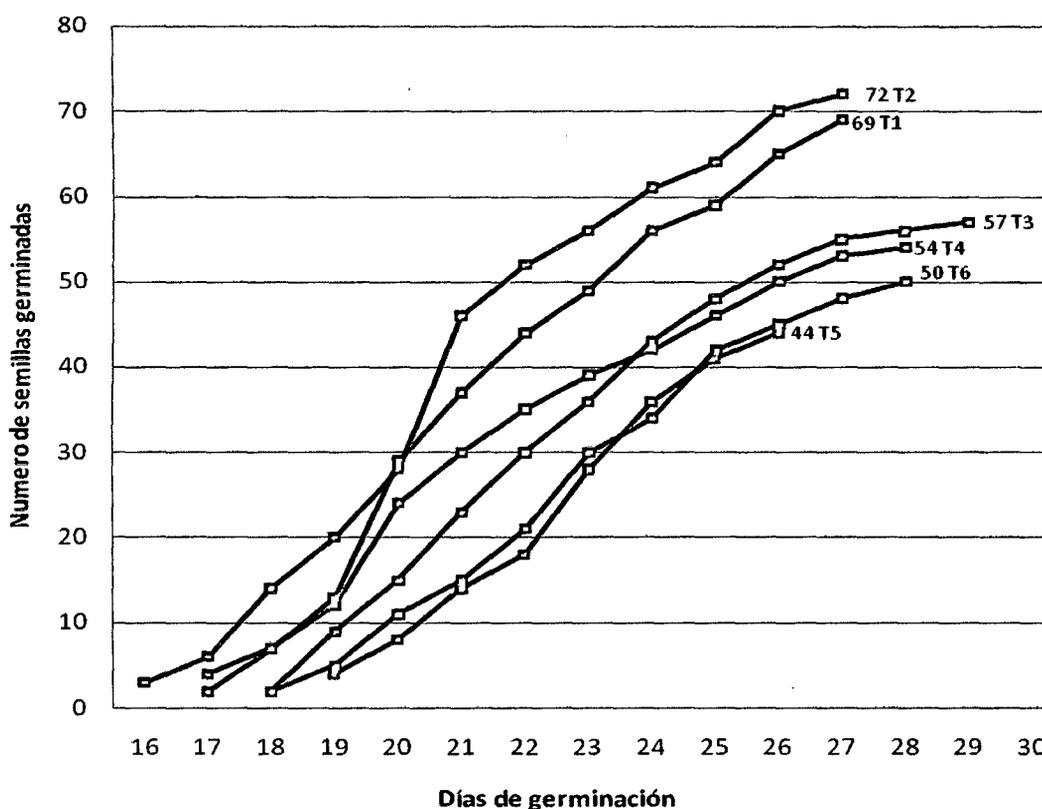


Figura 4. Número de semillas germinadas por día de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba".

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

Existe alta diferencia estadística significativa al 5 % entre los tratamientos en estudio (Cuadro 4). El coeficiente de variación (C.V. = 15.12 %), es aceptable para las condiciones del estudio desarrollado y así como también nos indica la homogeneidad en los resultados experimentales. La existencia de diferencias estadísticas significativas en la germinación de la semilla de la caoba, nos indica que la intensidad de la luz roja, fue diferente de por lo menos en un tratamiento.

Cuadro 4. Análisis de varianza de la germinación de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba".

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	Fcal
TRATAMIENTOS	5	2373.3333	474.6667	** 6.246
ERROR	18	1368.0000	76.0000	
TOTAL	23	3741.3333		

C.V. = 15.12 %, **: Alta significancia estadística al 5% de probabilidad.

Existen tres grupos de tratamientos T2 vs. T1 y T3 vs. T4, T6 y T5, quiere decir que el tratamiento T2 (filtro rojo con lámpara incandescente) es más significativo, porque logró el mejor efecto en la germinación de semillas de caoba, obteniendo un mayor porcentaje de poder germinativo con 72 %, no diferenciándose estadísticamente del tratamiento T1 (luz roja con lámparas fluorescente), que alcanzó un poder germinativo de 69 %, pero sí con el tratamiento T3 (luz roja generada con luz natural bajo sombra) que obtuvo un 57 % y con el tratamiento T6 (luz natural bajo sombra), que obtuvo solamente 50 % (Cuadro 5).

Si bien es cierto que los valores obtenidos están entre los márgenes que señala VARGAS Y RODRIGUEZ(1986), quien refiere que las semillas de caoba en vivero obtuvo 84 % de poder de germinación y FLORES (2002) señala que, las semillas recién cosechadas se obtiene entre 90 a 100 % de germinación; no obstante estos resultados obtenidos demuestran que hay influencia de la luz roja, tal como se demuestra que los tres tratamiento en la cual se le cubrió con papel celofán rojo, presentan los mejores resultados a

comparación de aquellos tratamientos que no se les cubrió con dicho papel. Entre los tratamiento con filtro rojo, los resultado varían de acuerdo a la cantidad y calidad de luz que se le ha proporcionado a cada tratamiento. Al respecto, Pelacho *et al.* (2002) citado por TOLEDO (2003) señala que el desarrollo y los efectos fisiológicos de la planta están influenciados por la luz.

Cuadro 5. Prueba de DUNCAN al 0,05 de significancia en la germinación de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba".

Tratamientos	Promedios	Significancia $\alpha = 0.05$
T2	72	a
T1	69	a b
T3	57	b c
T4	54	c
T6	50	c
T5	44	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

El mejor efecto de la germinación se da cuando se irradia con luz roja por lámpara incandescente de 100 watt (Figura 5); por lo tanto, se puede atribuir que la longitud de onda y la intensidad de luz irradiadas a las semillas de estas especies, son las adecuadas para estimular el proceso germinativo. VÁSQUEZ (1997) manifiesta que son tres las principales bandas del espectro lumínico que tienen acción sobre la germinación y corresponden a la franja de 660 nanómetros (rojo), 730 nanómetros (rojo lejano) y la luz comprendida entre 400 y 500 nanómetros (azul), tanto el rojo

como el rojo lejano son absorbidos por un compuesto denominado fitocromo que es una cromoproteína que actúa como sensor, en su forma activa es inductor de la germinación e interviene en procesos de permeabilidad, activación de enzimas y expresión genética. La intensidad de la luz, el fotoperiodo y la cantidad de rojo modulan la respuesta de las semillas a la luz a través de este compuesto.

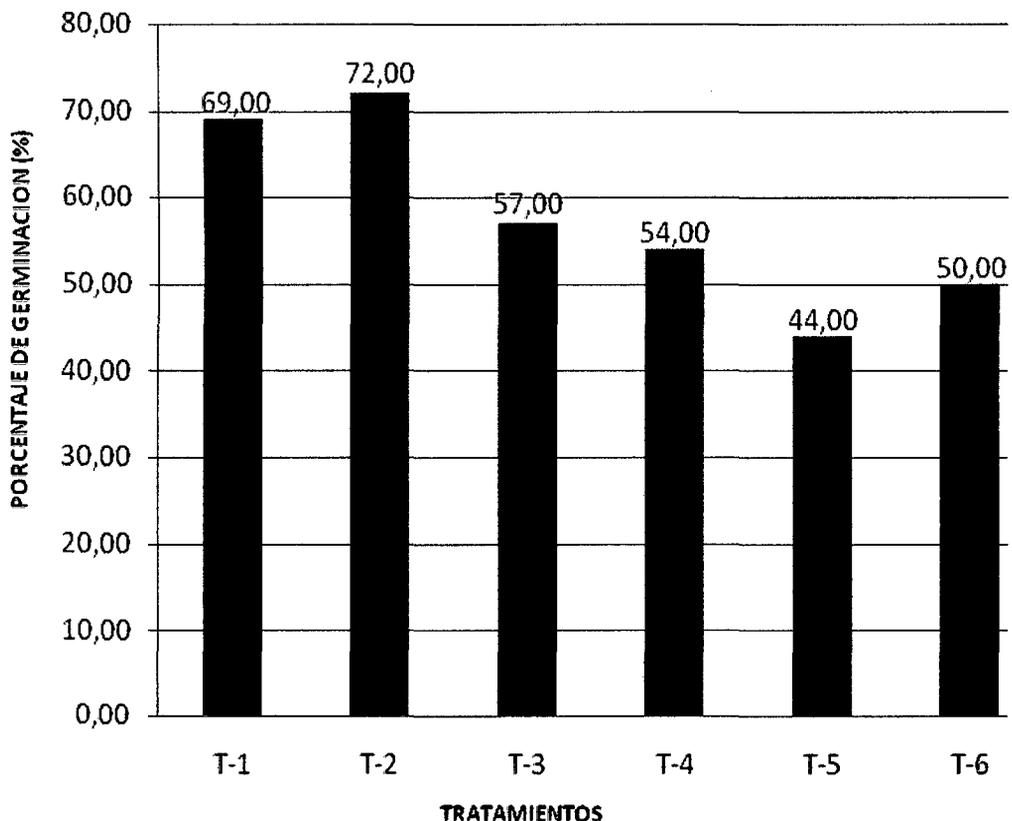


Figura 5. Porcentaje de germinación de semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba" por tratamiento.

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

Según BOTANICAL (2008), señala que las luces incandescentes irradian rayos rojos y muy pocos rayos azules; por tal, deducimos que la presencia del bastidor forrado con papel celofán rojo ayudo a tener una mejor

luz roja en el T2, lo que justificaría los mejores resultados obtenidos en el presente trabajo. Ya que la luz roja activa al pigmento fitocromo, quien desencadena una serie de reacciones en los vegetales, entre ellos la germinación.

Cuadro 6. Promedio de intensidad de luz para las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. "Caoba".

Filtro rojo con lámpara fluorescente	Filtro rojo con lámpara incandescente	Filtro rojo con Luz natural bajo sombra	Luz con Lámpara fluorescente	Luz con lámpara incandescente	Luz natural Bajo sombra
45.3	62.9	363.8	242.3	336.2	3154.8

La intensidad luminosa medida con el Luxómetro, presenta valores muy diferenciados para el tratamiento con filtro rojo y los expuestos a luz natural bajo sombra, presentando los valores más bajos aquellos tratamiento que fueron iluminados artificialmente, con valores de 45.3 lux para el T1 y de 62.9 lux para el T2, mientras que los expuestos directamente bajo el mismo tipo de luz fueron de 242.3 lux (T4) y de 336.2 lux para el T5; mientras que para los tratamiento irradiados con luz natural bajo sombra fueron de 363.8 lux para la medición que se hizo en la caja cubierta con filtro rojo (T3) y de 3154.8 lux para el T6; este valor es alto debido a que se midió directamente la intensidad de luz bajo sombra (Cuadro 6). Según LIRA (1994), la intensidad de la luz afecta el desarrollo de los vegetales, pues altera la tasa de actividad fotosintética.

Cuadro 7. Promedio de temperatura para las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba".

Filtro rojo con lámpara fluorescente	Filtro rojo con lámpara incandescente	Filtro rojo con Luz natural bajo sombra	Luz con Lámpara fluorescente	Luz con lámpara incandescente	Luz natural Bajo sombra
24.6	25.2	25.6	24.9	25.5	25.7

La temperatura, no influenció mucho en los resultados, ya que mantuvieron rangos casi similares, variando entre 24.6 a 25.7 °C (Cuadro 7).

4.1.2. Evaluación de la energía germinativa de las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King "caoba" por efecto de los diferentes tratamientos

El tratamiento T2 (luz roja con lámpara incandescente) obtuvo 25 % de energía germinativa, obteniendo una mayor porcentaje a comparación de los demás tratamientos, por otro lado la energía germinativa más baja obtuvo el T3 (luz roja natural bajo sombra) con 14 % (Cuadro 8 y Figura 6). Según Vargas y Rodríguez (1986), citado por LANARES (2007), obtuvieron 48.5 % de poder germinativo en la germinación de semillas de caoba y LANARES (2007), realizó trabajo con esta misma especie sobre el efecto de dosis de nitrógeno, fosforo y potasio, donde obtuvo 84.2 % de energía germinativa y comparando con nuestro resultado, obtuvimos una baja energía germinativa.

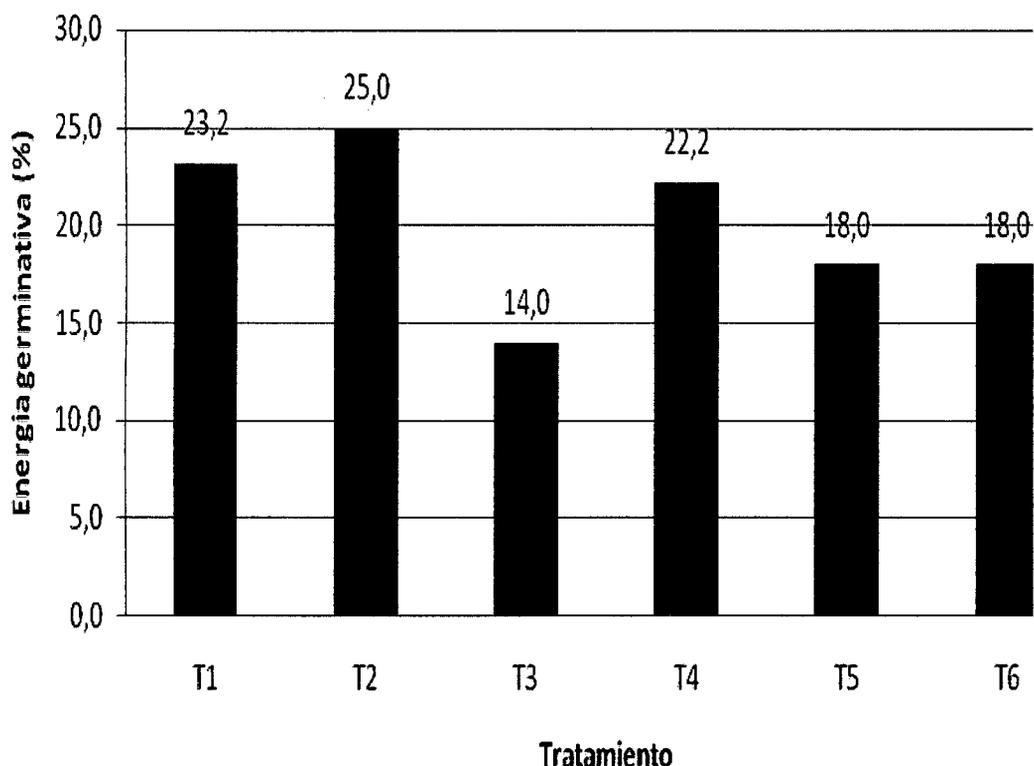


Figura 6. Energía germinativa de las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba" por tratamiento.

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

Cuadro 8. Energía germinativa de la semilla de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba".

Tratamientos	Energía germinativa (%)	Tiempo de germinación
T1	23.2	(25-27)
T2	25.0	(26-27)
T3	14.0	(26-29)
T4	22.2	(26-28)
T5	22.7	(25-26)
T6	18.0	(25-28)

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

4.2. De *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona”

4.2.1. Evaluación de la germinación de las semillas de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona” por efecto de los diferentes tratamientos

El tratamiento T2 (luz roja con lámpara incandescente) fue el que germinó más rápido a comparación de los demás tratamientos, la germinación se inició después de los 13 días de haberse sembrado las semillas de capirona, este tratamiento germino 2 días antes a comparación con lo que manifiesta FLORES (2002), ya que manifiesta que la semilla de capirona germina entre 15 a 40 días. SALISBURY (1991) manifiesta que la luz controla el proceso morfogénico de las plantas, para que la semilla germine, primero debe absorber la luz con los fotorreceptores Fitocromos que absorbe luz del rojo y rojo lejano. Por otro lado los tratamientos T6 (luz natural bajo sombra) y el T1 (luz roja con lámpara fluorescente) son los que demoraron más en iniciar la germinación a comparación de los demás tratamientos, con una duración de 16 días de haberse sembrado las semillas. La evaluación de la germinación de la semilla de capirona se realizo en un periodo total de 25 días (Cuadro 9 y Figura 7).

Cuadro 9. Germinación acumulada por día de las semillas de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona" (200 semillas por tratamiento).

Días después de la siembra	T1	T2	T3	T4	T5	T6
13	0	3	0	0	0	0
14	0	2	1	0	0	0
15	0	2	3	2	0	3
16	2	4	5	3	5	3
17	5	5	5	5	9	5
18	6	3	3	2	4	6
19	5	4	7	5	8	5
20	4	3	6	20	6	6
21	5	8	4	7	5	6
22	12	6	11	8	10	3
23	6	7	5	5	5	8
24	5	3	4	6	5	4
25	7	6	7	5	6	5
26	3	5	3	5	4	3
27	5	15	4	6	7	3
28	4	4	5	7	4	4
29	3	6	4	2	3	4
30	2	5	3	6	3	2
31	3	3	3	4	1	2
32	4	3	2	2	0	1
33	2	2	3	2	0	0
34	1	0	1	1	0	0
35	3	0	2	0	0	0
36	2	0	0	0	0	0
37	1	0	0	0	0	0
TOTAL	90	99	91	103	85	73

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

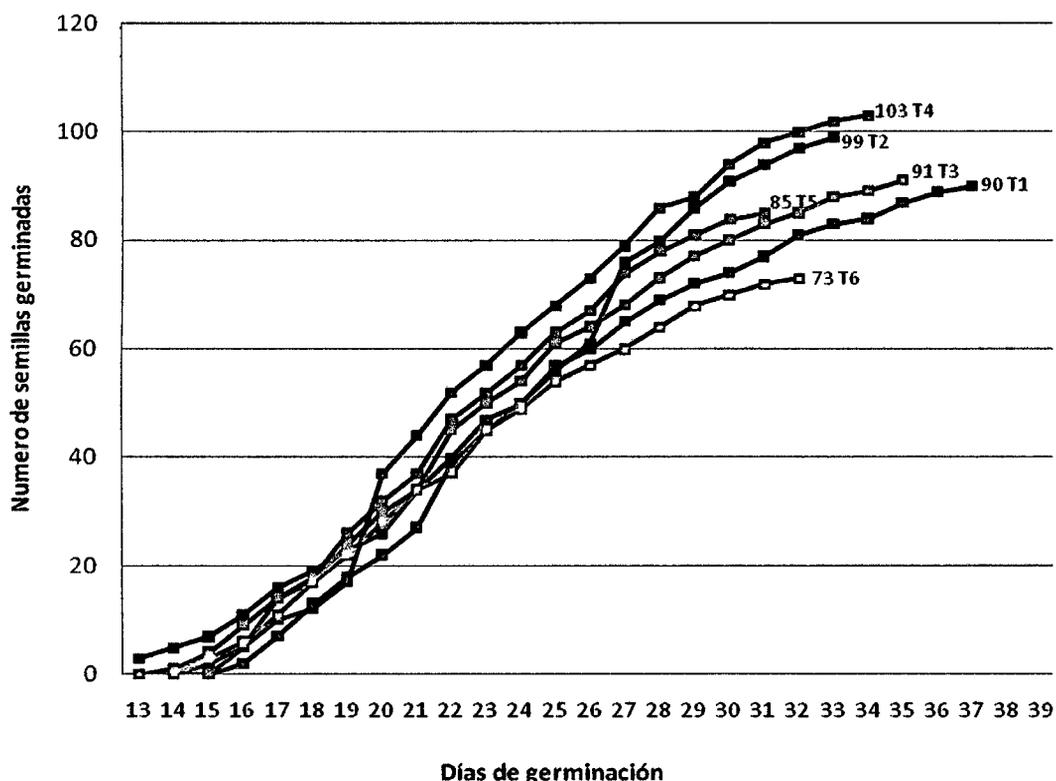


Figura 7. Número de semillas germinadas por día de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

Existe alta diferencia estadística significativa al 5 % entre los tratamientos en estudio (Cuadro 10). El coeficiente de variación (C.V.= 10.80 %), es aceptable para las condiciones del estudio desarrollado y así como también indica la homogeneidad en los resultados experimentales. La existencia de diferencias estadísticas significativas en la germinación de la semilla de la capirona, nos indica que la intensidad de la luz roja, fue diferente de por lo menos en un tratamiento.

Cuadro 10. Análisis de varianza de la germinación de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	Fcal
TRATAMIENTOS	5	564.8333	112.9667	** 4.76
ERROR	18	427.0000	23.7222	
TOTAL	23	991.8333		

C.V. = 10.80%; ** Alta significancia estadística al 5% de probabilidad.

Existen 3 grupos de tratamientos T4, vs. T2, T3, T1 y T5, vs. T6, lo que quiere decir que el tratamiento T4 (luz con fluorescente) es más significativo, por que logró el mejor efecto en la germinación de semillas de capirona, obteniendo un mayor poder germinativo con 51.5 %, no diferenciándose estadísticamente con los tratamientos T2 (filtro rojo con lámpara incandescente), tratamiento T3 (filtro rojo natural bajo sombra) y tratamiento T1 (filtro rojo con fluorescente). El tratamiento T6 (luz natural bajo sombra), ocupa el ultimo lugar con un porcentaje de germinación de 36.5 %; no difiriendo estadísticamente del tratamientos T5 (luz con lámpara incandescente), que alcanzo un poder germinativo de 42.5 % (Cuadro 11).

Cuadro 11. Prueba de DUNCAN al 0,05 de significancia en la germinación de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".

Tratamientos	Promedios	Significancia $\alpha= 0.05$
T4	51.5	a
T2	49.5	a b
T3	45.5	a b
T1	45.0	a b
T5	42.5	b c
T6	36.5	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

El mayor efecto en la germinación de la semilla de capirona fue en el tratamiento T4 (luz con fluorescente), ya que se ha obtenido un poder germinativo de 51.5 % en un periodo total de germinación de 34 días, el cual es relativamente mas alto que a comparación con lo que manifiesta FLORES (2002), que la tasa de germinación es (aproximadamente 30 a 50 %) y comparando con lo que manifiesta Reynel *et al.* (2003), citado por ZELADA (2007), que las semillas de capirona frescas se podrían obtener un poder germinativo de 80 a 90 %; por otro lado el tratamientos que germinó en mayor tiempo es el tratamiento T1 (filtro rojo con lámpara fluorescente) con un periodo de 37 días y con un poder germinativo de 45 %, y por lo contrario el tratamiento T5 (luz con lámpara incandescente) germinó en un periodo de 31 días con un poder germinativo de 42.5 % que a comparación de los demás tratamientos germinó en menor tiempo (Figura 8).

Pelacho *et al.* (2002), citado por TOLEDO (2003) indica que, las lámparas fluorescentes producen luz principalmente azul y roja y son muy adecuadas para el crecimiento, de vástagos y para enraizar esquejes, por lo que se recomiendan especialmente durante las primeras etapas de las plantas. Son bastante económicas, tienen un elevado rendimiento luminoso y no emiten demasiado calor. De igual modo Pelacho *et al.* (2002), citado por TOLEDO (2003), indica que los principales aspectos relacionados con la luz en el cultivo *in vitro* son: cantidad y calidad luz y la alternativa de los ciclos luz /oscuridad.

Aphalo (2001), citado por TOLEDO (2003) manifiesta que, parte de la energía radiante, tiene influencia conocida sobre el desarrollo de las plantas, a veces, se usa el término luz para referirse a ese conjunto de radiaciones cuando en realidad se refiere al conjunto de radiaciones electromagnéticas con efectos fisiológicos.

Según Coll *et al.* (1993), citado por TOLEDO (2003), manifiesta que la importancia de la luz en las plantas no se limita solo a la captación de energía a través de la fotosíntesis. Estas poseen mecanismos diversos mediante los que detectan las variaciones cualitativas, de intensidad, dirección y periodos de luz, produciendo respuestas adaptativas.

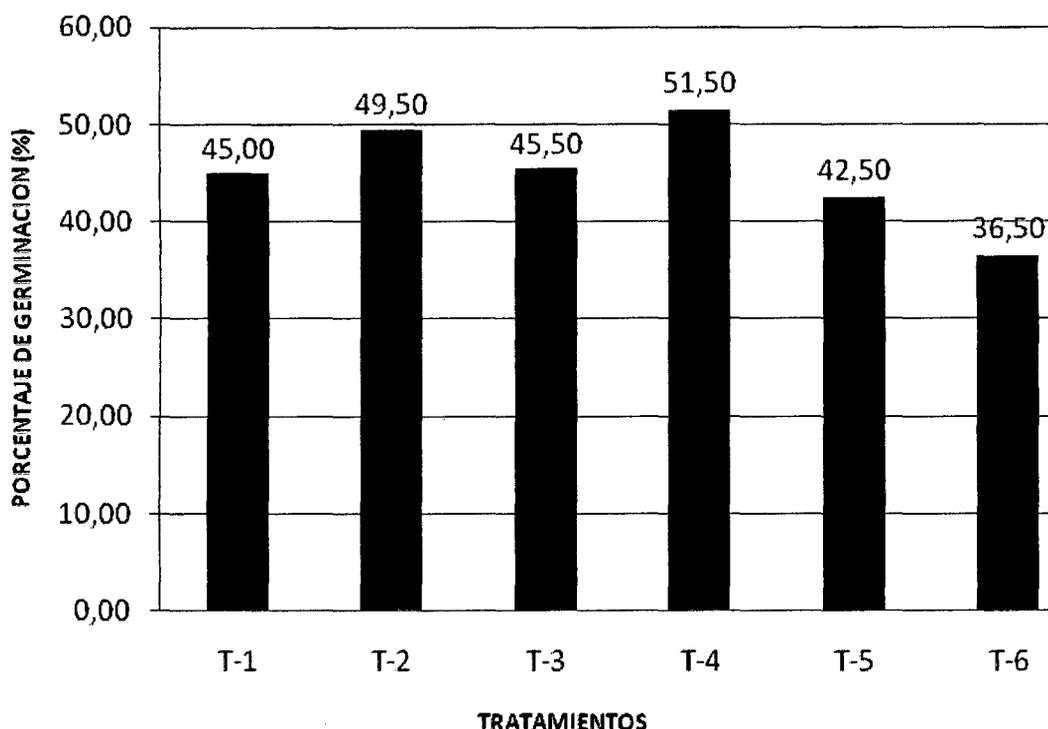


Figura 8. Porcentaje de germinación de las semillas de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona" por tratamiento.

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

La lámpara de fluorescente irradia una intensidad de 240.1 lux (Cuadro 12) y una temperatura de 25.1 °C (Cuadro 13) por lo cual deducimos que influyen en activar el fitocromo de las semilla de capirona, induciendo de esta manera a la germinación de estas semilla.

Cuadro 12. Promedio intensidad de luz para *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".

Filtro rojo con lámpara fluorescente	Filtro rojo con lámpara incandescente	Filtro rojo con Luz natural bajo sombra	Luz con Lámpara fluorescente	Luz con lámpara incandescente	Luz natural Bajo sombra
45.1	62.7	369.6	240.1	332.0	3236.4

Cuadro 13. Promedio temperatura para la *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".

Filtro rojo con lámpara fluorescente	Filtro rojo con lámpara incandescente	Filtro rojo con luz natural bajo sombra	Luz con lámpara fluorescente	Luz con lámpara incandescente	Luz natural bajo sombra
24.7	25.4	25.8	25.1	25.6	25.9

4.2.2. Evaluación de la energía germinativa de las semillas de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona" por efecto de los diferentes tratamientos

El tratamiento T4 (luz con lámpara fluorescente) obtuvo 19.4 % de energía germinativa, que a comparación con los demás tratamientos es el que obtuvo mayor porcentaje de energía germinativa y por otro lado el poder germinativo más bajo obtuvo el T6 luz natural bajo sombra con 11 % (Figura 9 y Cuadro 14). WILLIAMS (1991), manifiesta que la energía germinativa es una medida de la velocidad de la germinación y por ello se supone que también lo es del vigor de la semilla y probablemente que germinen con rapidez, por lo tanto en condiciones favorables serán capaces de producir plantas vigorosas, por tal asumimos que estas plantas de capirona no serán vigorosas.

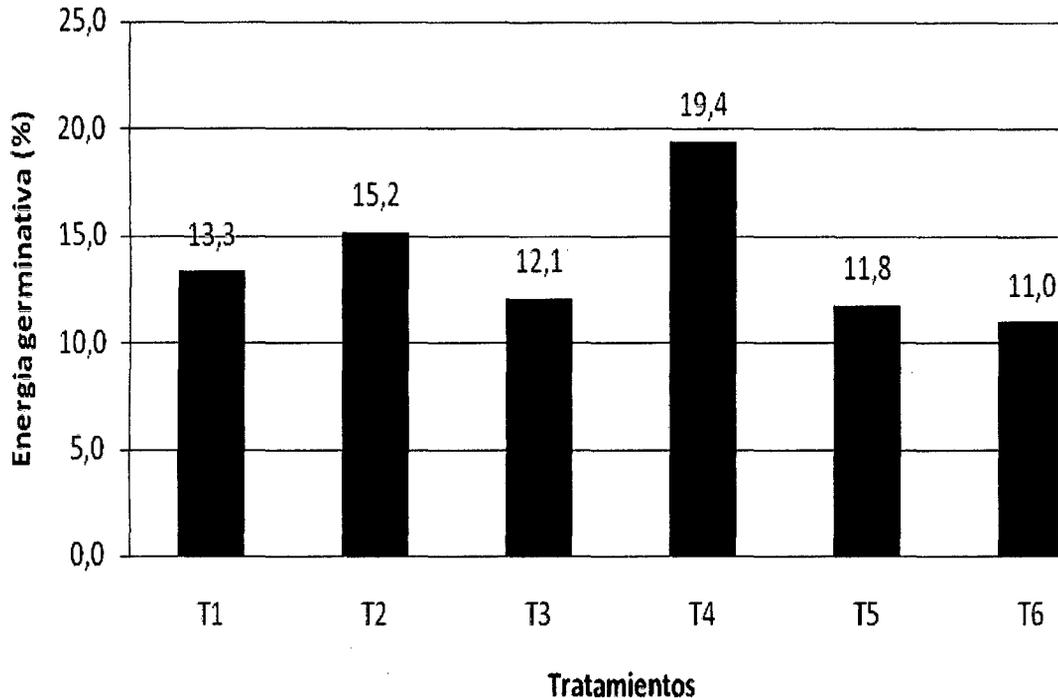


Figura 9. Energía germinativa de las semillas de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona" por tratamiento.

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

Cuadro 14. Energía germinativa de la semilla de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".

Tratamientos	Energía germinativa (%)	Tiempo de germinación
T1	13.3	(33-37)
T2	15.2	(32-33)
T3	12.1	(31-35)
T4	19.4	(31-34)
T5	11.8	(29-31)
T6	11.0	(29-32)

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

4.3. De la *Swietenia macrophylla* G. King “caoba” y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona”

Las semillas de caoba han tenido un mejor efecto en el poder germinativo con el tratamiento T2 (filtro rojo con lámpara incandescente) (Figura 10), coincide con lo que manifiesta VÁSQUEZ (1997), que tanto el rojo como el rojo lejano son absorbidos por un compuesto denominado fitocromo. Este pigmento en su forma activa es inductor de la germinación e interviene en procesos de permeabilidad, activación de enzimas y expresión genética. La conversión de fitocromo inactivo a fitocromo activo por lo general se lleva a cabo bajo el efecto de la luz roja. Por otro lado, el mejor efecto en la germinación de semillas de capirona se dio por el tratamiento T4 (luz con fluorescente) (Figura 10), el cual no coincide con lo que manifiesta VÁSQUEZ (1997), pero si coincide con lo que dice (Pelacho *et al.* (2002), citado por TOLEDO, 2003), que las lámparas fluorescentes producen luz principalmente azul y roja. Son muy adecuadas para el crecimiento, de vástagos y para enraizar esquejes, por lo que se recomiendan especialmente durante las primeras etapas de las plantas. Son bastante económicas, tienen un elevado rendimiento luminoso y no emiten demasiado calor.

En las semillas de caoba el peor efecto se dio en el tratamiento T5 (luz con lámpara incandescente) y en el caso de la capirona el peor efecto se dio en el tratamiento T6 (luz natural bajo sombra) (Figura 10).

La iluminación en el ensayo de germinación es importante para inducir la germinación en semillas fotoblásticas positivas, y para producir un mejor desarrollo de las plántulas (PERETTI, 1994).

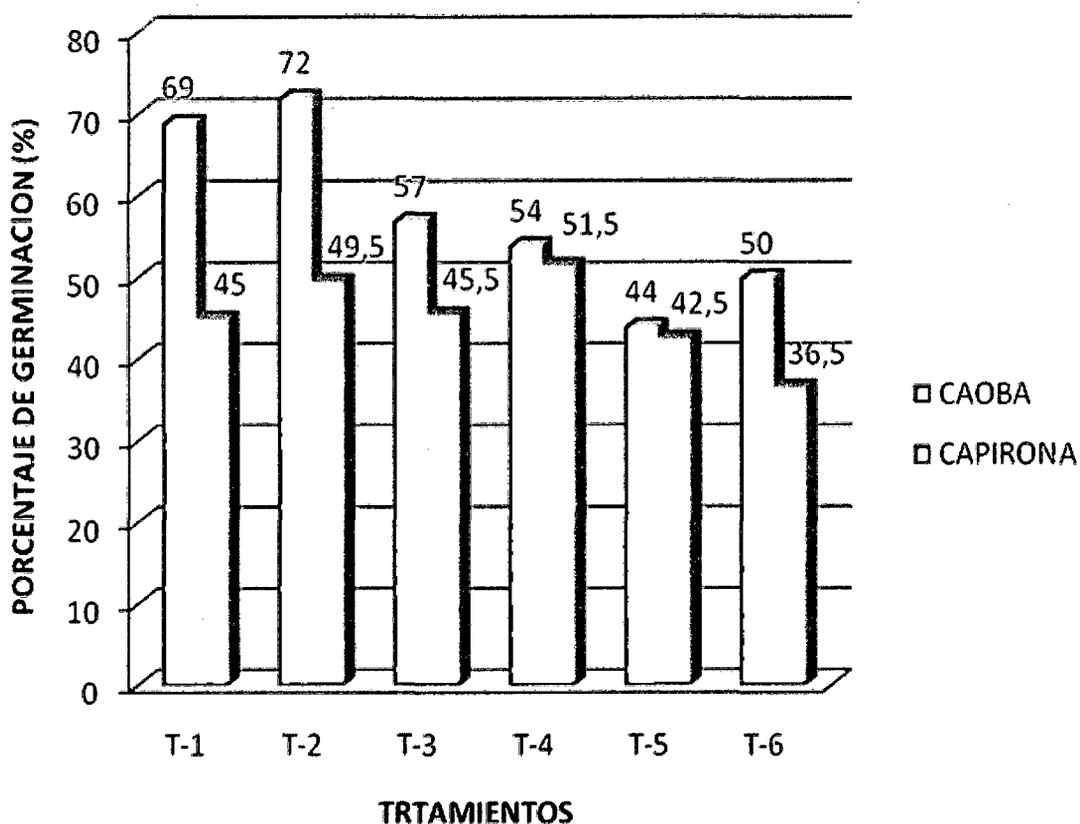


Figura 10. Histograma del porcentaje de germinación de la semilla de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba" y semilla de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona" por tratamiento.

T1: luz roja con lámpara fluorescente, T2: luz roja con lámpara incandescente, T3: luz rojo natural bajo sombra, T4: luz con lámpara fluorescente (TESTIGO T1), T5: luz con lámpara incandescente (TESTIGO T2) y T6: luz natural bajo sombra (TESTIGO T3).

V. CONCLUSIONES

1. Las semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. "caoba" sometidas a luz roja con lámpara incandescente iniciaron el proceso germinativo a los 16 días, con un poder germinativo de 72 % y energía germinativa de 25 % durante un periodo de 27 días.
2. Las semillas de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumane sometidas a luz roja con lámpara incandescente iniciaron el proceso germinativo a los 13 días. Así mismo, las semillas sometidas a la acción de la lámpara fluorescente obtuvieron un poder germinativo de 51.5 % y energía germinativa de 19.4 % durante un periodo de 34 días.

VI. RECOMENDACIONES

1. Usar filtros interferenciales monocromáticos que son más eficientes al filtrar la luz.
2. Continuar con el trabajo en la etapa de vivero (plantones) y posteriormente en campo definitivo, para así poder evaluar sobrevivencia, crecimiento y otros parámetros que determinen el vigor de las plantas, ya que en el presente trabajo se obtuvo un bajo porcentaje de energía germinativa en ambas especies forestales.
3. Para posterior trabajos tomar en cuenta la variable mortandad y contenido de clorofila.
4. Realizar trabajos similares con otras especies forestales, preferentemente realizar con una sola especie y de rápido crecimiento.

ABSTRACT

The research work was carried out in the tree nursery and ornamental "the forester of the School of Renewable Natural Resources of the National Agrarian University of the Forest, which evaluated the effect of red light radiated by a fluorescent lamp, incandescent lamp and natural light in for the induction of germination with respect to the germination energy and germination of seeds of *Swietenia macrophylla* G. King. and *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman. Six treatments were used: red light with fluorescent lamp (T1), red light with incandescent lamp (T2), natural light (T3), light with fluorescent lamp (T4), light with incandescent lamp (T5) and daylight (T6), using for this purpose, a completely randomized design with four replications per treatment.

The seeds of *Swietenia macrophylla* G. King. and *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman, under red light with incandescent lamp reached the germination process in less time (16 and 13 days respectively). The seeds of *Swietenia macrophylla* G. King. under red light with incandescent lamp achieved the highest percentage of germination (72 %) and germination energy (25 %) over a period of 27 days. Likewise, seed *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schumane, under fluorescent lamp, achieved the highest percentage of germination (51.5 %) and germination energy (19.4 %) over a period of 34 days.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZCÓN-BIETO, J., TALON, M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Editorial Mc Graw – Hill Interamericana. México. 522 p.
- BOTANICAL. 2008. La luz en las Plantas de interior. (En línea): BOTANICAL (<http://www.botanical-online.com/plantasdeinteriorluz.htm>, 28 jun 2008).
- BOSCAROL, M. 2007. Intensidad Luminosa (En línea): GUSGSM. (http://www.gusgsm.com/intensidad_luminosa, 1 Sep. 2008).
- DOLORIER, T. 1998. Efecto bioquímico y morfogenético de la interacción calidad de luz y dos niveles de fertilización fosforo-potásica en *Azolla fiticuloides lam. Ecotipo "Villa"* en Lima. Tesis para optar título de bióloga. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 120 p.
- FACCINI, D., PURICELLI, E. 2006. Efecto de la temperatura y de la luz sobre la germinación de *Nicotiana longiflora* Cavanilles y *Oenothera indecora* Camb. [En.línea]: SCIELO (<http://www.scielo.org.ar/pdf/agrisc/v23n1/v23n1a03>, 10 Ago. 2008).
- FONSECA, A. 2002. Evaluación de siembra directa de caoba (*Swietenia macrophylla G. Kyng*) en un bosque primario en Tingo María. Tesis para optar título de ingeniero en Recursos naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 51 p.

- FLORES, B. 2002. Semillas de Especies Forestales de Importancia Económica en la Región Ucayali, Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. 82 P.
- LANARES, K. 2007. Efecto del nitrógeno, fosforo y potasio sobre el crecimiento de caoba en fase de vivero. Tesis para optar título de ingeniero en recursos naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 50 p.
- LIRA, R. 1994. Fisiología Vegetal 1^{era} Edición. Editorial Trillas S. A. México. 144,147 p.
- MACIEL, N., BAUTISTA, D. 1996. Efectos de la Luz Sobre la Germinación de la Parchita Barquisimeto, Venezuela. [En.línea]: CENIAP (http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/Agronomia%20Tropica/at4704/arti/mciel_n.htm, 5 Mar 2007).
- MOSTACERO, L. 1993. Taxonomía de las fanerógamas peruanas. Concytec. 1ra Edic. Trujillo, Perú. 602 p.
- PÉREZ, W. 1998. Física. Edit. San Marcos. Lima, Perú. 653 p.
- PERETTI, A. 1994. Manual para análisis de semillas. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. 282 p.
- PIERIK, R. 1990. Cultivo in vitro de las plantas superiores. Editorial Mundi-Prensa. 325 p.
- ROJAS, H. 1987. Uso de tres tipos de sustratos en la propagación de caoba (*Swietenia macrophylla*) en fase de vivero en la zona del Alto Huallaga. Tesis para optar el título de ingeniero en Recursos Naturales

- Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 90 p.
- SALISBURY, F., ROSS. C. 1991. Fisiología Vegetal. Editorial Grupo Editorial Iberoamerica. Mexico. 759 p.
- TLALKA, M., RUNQUIST, M., FRICKER, M. 1999. Light perception and the role of the xanthophyll cycle in blue- light – dependent chloroplast movements in *Lemna trisulca* L. *The Plant Journal* 20 (4):247-459.
- TOLEDO, A. 2003. Efecto de la longitud de onda sobre parámetros de crecimiento en seis especies vegetales cultivadas in vitro en Temuco. Tesis para optar título de ingeniero. Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile. 89p.
- VALLA, J. 1999. Botánica, Morfología de las plantas superiores. 14ava Edic. Edit. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 332 p.
- VARGAS, C. 1988. Influencia de los factores de temperatura y humedad en el almacenamiento de semillas de caoba (*Swietenia macrophylla* G. Kyng) en Tingo María. Tesis para optar título de ingeniero en Recursos naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 86 p.
- VARGAS, T., RODRIGUEZ, M. 1986. Estudio preliminar de la caoba (*Swietenia macrophylla* G. Kyng) en la zona de Tingo María. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 25 p.
- VASQUEZ, C. 1997. La Reproducción de las Plantas: Semillas y Meristemas. Edit. Fondo de Cultura Económica. México. 167 p.

- VELASCO. s/f. Pureza, Germinación y Autonomía de la Sembradoras.
[En.línea]: ABULAC (<http://www.abulac.es/articulo%204.htm>, 25 Mar. del 2008).
- WILLIAMS, R. 1991. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Guía para la Manipulación de Semillas Forestales. [En.línea]: FAO (<http://www.fao.org/docrep/006/ad232s/ad232s12>, 06 Feb. del 2008).
- ZELADA, G. 2007. Efecto de la temperatura y humedad en la viabilidad de semillas de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker F. Schuman. (capirona). Tesis para optar título de ingeniero en Recursos naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 38 p.

VIII. ANEXO

Anexo A. Germinación de la caoba y capirona.

Cuadro 15. Germinación de *Swietenia macrophylla* G. King. "Caoba".

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	N° Semillas por Repetición	Semillas Germinadas por día																												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
T ₁ (Luz con Fluorescente Roja)	R ₁	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	3	1	1	0	0	0	0	0
	R ₂	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	2	1	3	1	2	2	1	0	0
	R ₃	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	6	2	1	1	2	0	1	1	0	0
	R ₄	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4	3	2	0	3	1	3	2	0	0
	Germinación por día		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	6	16	8	7	5	7	3	6	4	0	0
	Acumulado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	13	29	37	44	49	56	59	65	69	69	69
	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN																0	2	7	13	29	37	44	49	56	59	65	69	69	69	
T ₂ (Luz con Foco Roja)	R ₁	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	2	1	4	2	1	0	1	2	1	0	0	
	R ₂	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	9	1	0	2	0	1	0	0	0	
	R ₃	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	1	3	1	2	1	1	2	0	0	0	
	R ₄	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	4	2	2	1	2	1	1	1	1	0	0
	Germinación por día		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	8	6	8	18	6	4	5	3	6	2	0	0	
	Acumulado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	14	20	28	46	52	56	61	64	70	72	72	72	
	PORCENTAJE DE GERMINACION															3	6	14	20	28	46	52	56	61	64	70	72	72	72		
T ₃ (Luz Natural Roja)	R ₁	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	2	1	3	2	1	0	0	0		
	R ₂	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	1	3	1	0	1	2	1	1		
	R ₃	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	1	1	1	1	2	1	0	0		
	R ₄	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	3	1	2	1	1	1	1	0	0	
	Germinación por día		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	6	8	7	6	7	5	4	3	1	1		
	Acumulado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	15	23	30	36	43	48	52	55	56	57			
	PORCENTAJE DE GERMINACION															0	0	2	9	15	23	30	36	43	48	52	55	56	57		

T ₄ (Luz con Fluorescente)	R ₁	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	1	1	1	2	1	2	0	0
	R ₂	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	1	1	1	1	1	1	0	1	0
	R ₃	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	1	1	0	1	1	1	0	0
	R ₄	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	3	1	2	1	1	0	1	0	0	0
	Germinación por día		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	5	12	6	5	4	3	4	4	3	1	0
	Acumulado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	12	24	30	35	39	42	46	50	53	54	54
	PORCENTAJE DE GERMINACION																	0	4	7	12	24	30	35	39	42	46	50	53	54	54	
T ₅ (Luz con Foco)	R ₁	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	3	1	0	0	0	0	
	R ₂	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	4	1	2	1	0	0	0	
	R ₃	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	3	1	1	0	0	0	
	R ₄	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2	3	1	1	1	0	0	0	
	Germinación por día		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	6	4	10	8	5	3	0	0	0	
	Acumulado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8	14	18	28	36	41	44	44	44	44	
	PORCENTAJE DE GERMINACION																	0	0	0	4	8	14	18	28	36	41	44	44	44	44	
T ₆ (Luz Natural)	R ₁	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	3	1	2	1	0	0	0		
	R ₂	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	0		
	R ₃	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	3	1	2	0	1	0	0		
	R ₄	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	1	3	1	1	1	0		
	Germinación por día		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	6	4	6	9	4	8	3	3	2	0	
	Acumulado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	11	15	21	30	34	42	45	48	50	50	
	PORCENTAJE DE GERMINACION																	0	0	2	5	11	15	21	30	34	42	45	48	50	50	

Cuadro 16. Germinación de *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman "capirona".

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	N° Semillas por repetición	Semillas Germinadas por día																																								
			7	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37				
T ₁ (Luz con Fluorescente Roja)	R ₁	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	2	3	2	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1			
	R ₂	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	3	1	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
	R ₃	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1	2	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	
	R ₄	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	1	5	1	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0		
	Germinación por día		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	6	5	4	5	12	6	5	7	3	5	4	3	2	3	4	2	1	3	2	1					
	Acumulado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	13	18	22	27	39	45	50	57	60	65	69	72	74	77	81	83	84	87	89	90					
	PORCENTAJE DE GERMINACION															0	0	0	1	4	7	9	11	14	20	23	25	29	30	33	35	36	37	39	41	42	42	44	45	45			
T ₂ (Luz con Foco Roja)	R ₁	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	3	1	2	1	2	2	3	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0				
	R ₂	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	2	1	1	0	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0			
	R ₃	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	2	1	0	2	1	0	1	1	7	1	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0			
	R ₄	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	4	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0			
	Germinación por día		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	4	5	3	4	3	8	6	7	3	6	5	15	4	6	5	3	3	2	0	0	0	0	0			
	Acumulado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	7	11	16	19	23	26	34	40	47	50	56	61	76	80	86	91	94	97	99	99	99	99	99	99				
	PORCENTAJE DE GERMINACION													2	3	4	6	8	10	12	13	17	20	24	25	28	31	38	40	43	46	47	49	50	50	50	50	50	50				
T ₃ (Luz Natural Roja)	R ₁	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2	1	1	2	2	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
	R ₂	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	2	1	4	1	2	1	0	2	1	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0				
	R ₃	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3	1	2	2	1	1	3	1	1	2	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0		
	R ₄	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	2	0	3	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0		
	Germinación por día		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	5	3	7	6	4	11	5	4	7	3	4	5	4	3	3	2	3	1	2	0	0	0	0			
	Acumulado		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	9	14	17	24	30	34	45	50	54	61	64	68	73	77	80	83	85	88	89	91	91	91	91	91				
	PORCENTAJE DE GERMINACION													0	1	2	5	7	9	12	15	17	23	25	27	31	32	34	37	39	40	42	43	44	45	46	46	46	46				

Anexo B. Fotografías del trabajo de investigación.



Figura 11. Semillas de caoba irradiadas por luz con foco.

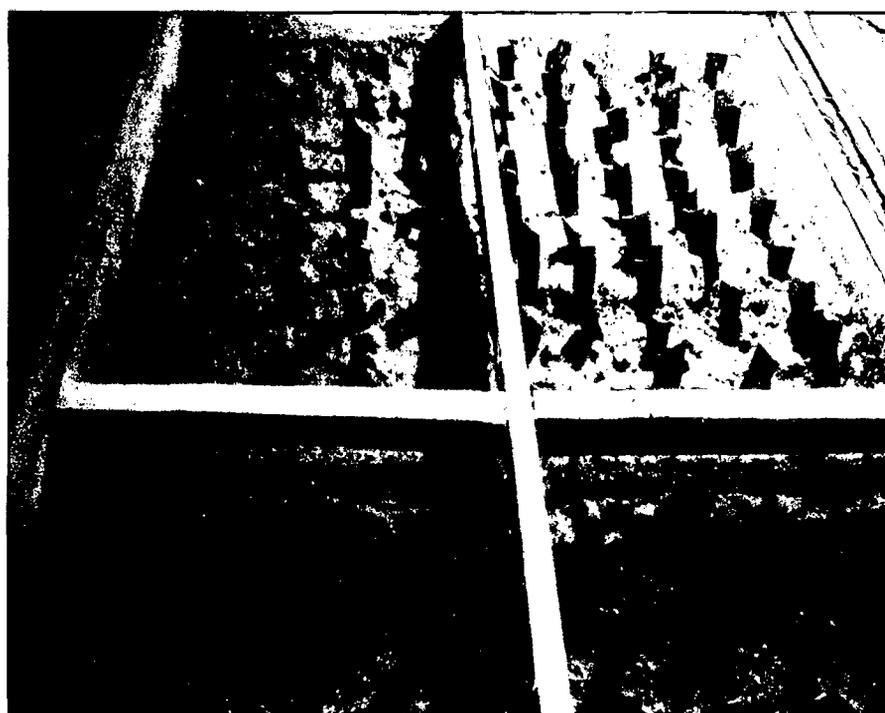


Figura 12. Semillas de caoba irradiadas por luz con fluorescentes.



Figura 13. Semilla de caoba germinada.

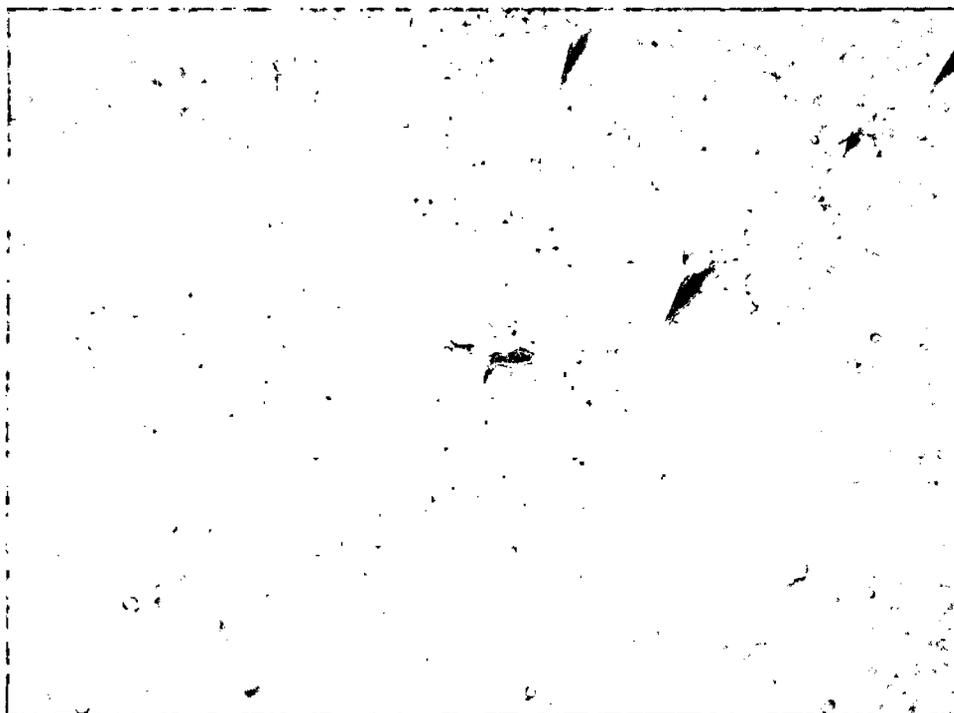


Figura 14. Semillas germinadas de capirona irradiadas por luz con foco.



Figura 15. Semillas de capirona irradiadas por luz natural.



Figura 16. Semilla de capirona germinada.