

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

*“Norte de la Universidad Peruana”*

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**

**SEDE JAÉN**



**“PROPAGACIÓN SEXUAL DE *Tectona grandis* L.f.  
USANDO CONCENTRACIONES DE ÁCIDO  
GIBERELICO”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

**ALEXANDER JESÚS AHUMADA RONDÓN**

**JAÉN – PERÚ**

**2017**

# ***DEDICATORIA***

A mis queridos padres, Hugo Franklin y Silvia Esperanza por haberme dado la vida, por esos momentos tan grandes, hermosos y valiosos que pase con ellos durante mi formación educativa.

A mis hermanos Janina y Hugo por su constante y valioso apoyo.

# **AGRADECIMIENTO**

A Dios que es mi padre celestial que siempre nos ilumina el camino, por brindarme una gran familia y todo cuanto tengo en esta vida.

A la asesora; BMcblga. M.C Marcela N. Arteaga Cuba, por su confianza y ser guía permanente en el desarrollo de la presente investigación.

## ÍNDICE

	Pg.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ASTRAC	
I. INTRODUCCIÓN	
II. REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1. Antecedentes de la investigación	13
2.2. Bases teóricas	15
2.2.1. Clasificación taxonómica de <i>Tectona grandis</i> L.f.	15
2.2.2. Ecología de la especie.	16
2.2.3. Importancia de <i>Tectona grandis</i> L.f.	20
2.2.4. Utilidad de la <i>Tectona grandis</i> L.f.	21
2.2.5. Árbol plus	21
2.2.6. Semilla y germinación.	23
2.2.7. Factores que intervienen en la germinación.	27
2.2.8. Semilla certificada	28
2.2.9. Partes de la semilla	29
2.2.10. Sustratos en los ensayos de germinación.	30
2.2.11. Tratamientos pre germinativos.	31
2.2.12. Métodos de propagación	33
2.2.13. Sustancias reguladoras de crecimiento.	34
2.2.14. Parámetros para medir la germinación.	35

III. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación.	38
3.2. Materiales.	39
3.3. Metodología.	
3.3.1. Fase de campo.	39
3.3.2. Fase de gabinete.	40
3.3.3. Prueba de pureza.	40
3.3.4. Contenido de humedad	41
3.3.5. Ensayos de viabilidad	42
3.3.6. Diseño experimental.	42
3.3.7. Distribución de los tratamientos.	42
3.3.8. Tratamientos en estudio.	43
3.3.9. Construcción de cama almaciguera.	44
3.3.10. Siembra de semillas <i>Tectona grandis</i> L.f.	45
3.3.11. Variables de medición.	46
3.3.12. Procesamiento de datos.	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Análisis de la semilla	48
4.2. Porcentaje de germinación de semillas de <i>Tectona grandis</i> L.f.	49
4.3. Energía germinativa y valor de germinación de semillas de <i>Tectona grandis</i> L.f.	52
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones.	56
5.2. Recomendaciones.	56
VI. LITERATURA CITADA	58
Anexo	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de ubicación del lugar de investigación	38
Figura 2.	Porcentaje de germinación de semillas almacigadas	50
Figura 3.	Energía germinativa a los 14 días y Valor de germinación de <i>Tectona grandis</i> L.f.	52

## ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Diseño Completamente al Azar (DCA) para *Tectona grandis* L.f. 42
- Cuadro 2. Análisis de variancia (ANVA) para la variable porcentaje de germinación (%) de semillas almacigadas 49
- Cuadro 3. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para el porcentaje de germinación (%) de semillas 49
- Cuadro 4. Energías germinativas y Valor de germinación para cada tratamiento de la especie *Tectona grandis* L.f. 52

## ANEXOS

- Anexo 1. Constancia de determinación botánica
- Anexo 2. Análisis físico de las semillas de *Tectona grandis* L.f.
- Anexo 3. Evaluación de la germinación diaria de las semillas de *Tectona grandis* L.f. tratamiento T<sub>1</sub>
- Anexo 4. Evaluación de la germinación diaria de las semillas de *Tectona grandis* L.f. tratamiento T<sub>2</sub>
- Anexo 5. Evaluación de la germinación diaria de las semillas de *Tectona grandis* L.f. tratamiento T<sub>3</sub>
- Anexo 6. Evaluación de la germinación diaria de las semillas de *Tectona grandis* L.f. tratamiento T<sub>4</sub>
- Anexo 7. Evaluación de la germinación diaria de las semillas de *Tectona grandis* L.f. tratamiento testigo.
- Anexo 8. Cálculos de la energía germinativa T1: agua pura/ 24 h
- Anexo 9. Cálculos de la energía germinativa T2: 500 ppm/24h
- Anexo 10. Cálculos de la energía germinativa T3: 1000 ppm/24h
- Anexo 11. Cálculos de la energía germinativa T4: 2000 ppm/24h
- Anexo 12. Cálculos de la energía germinativa T5: siembra directa (testigo)
- Anexo 13. Panel Fotográfico

## RESUMEN

Algunas especies forestales presentan problemas en la germinación de sus semillas, una de ellas es la "Teca" (*Tectona grandis* L.f.), razón por la cual, el porcentaje de su regeneración natural es baja. La investigación consistió en probar 5 tratamientos buscando determinar el efecto del ácido giberélico en la germinación de la semilla, los mismos que consistieron en: inmersión en agua pura durante 24 h (T1), inmersión en una concentración de 500 ppm de ácido giberélico con 1 litro de agua durante 24 h (T2), inmersión en una concentración de 1000 ppm de ácido giberélico con 1 litro de agua durante 24 h (T3), inmersión en una concentración de 2000 ppm de ácido giberélico con 1 litro de agua durante 24 h (T4), siembra directa sin ningún tratamiento (testigo) (T5). El resultado obtenido fue de una germinación de 37.33%, 42.00% y 55.33% respectivamente, para los tratamientos de T2, T3, T4; en tanto que el tratamiento con agua pura tuvo un 40 % de germinación y el testigo un 9.33%. Se concluye que el mejor tratamiento fue el T4 remojo en ácido giberelico a 2000 ppm durante 24 horas, con el que se logró un 55.33% de germinación.

**Palabras clave:** Propagación sexual de *Tectona grandis* L.f., ácido giberelico.

## ABSTRAC

Some forest species present problems in the germination of their seeds, one of them is the "Teak" (*Tectona grandis* L.), reason why, the percentage of its natural regeneration is low. The research consisted in testing 5 treatments to determine the effect of gibberellic acid on seed germination, which consisted of: immersion in pure water for 24 h (T1), immersion in a concentration of 500 ppm gibberellic acid with 1 Liter of water for 24 h (T2), immersion at a concentration of 1000 ppm gibberellic acid with 1 liter of water for 24 h (T3), immersion at a concentration of 2000 ppm gibberellic acid with 1 liter of water for 24 h (T4), direct seeding without any treatment (control) (T5). The results obtained were of germination of 37.33%, 42.00% and 55.33% respectively, for the treatments of T2, T3, T4; While the treatment with pure water had a germination 40% and the control a 9.33%. It is concluded that the best treatment was the T4 soaking in gibberellic acid at 2000 ppm for 24 hours, with which 55.33% of germination was achieved.

**Key words:** Sexual propagation of *Tectona grandis* L.f., gibberellic acid.

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques nativos andinos son importantes para la estabilidad ambiental y la supervivencia del hombre, mantienen firme el suelo, proporcionan madera para construcciones, retienen humedad y proveen leña para el consumo de las familias (Loján 2003).

La teca, *Tectona grandis* L.f. especie nativa de la India, Birmania, Laos y Tailandia; actualmente, se encuentra en muchos otros países asiáticos y también se han establecido extensas plantaciones en África, América Central y Sur América, como Costa Rica, El Salvador, México, Nicaragua, Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá y Perú. Es un árbol frondoso que alcanza hasta 30 m de altura, nombrada como la *Reina de las Maderas*, pues su apariencia se hace más bella con el paso de los años y tiene la capacidad de no dañarse cuando entra en contacto con metales, lo que la hace muy valiosa para la fabricación de muebles de alto valor y embarcaciones lujosas. La reproducción de la teca se realiza por polinización cruzada. La incompatibilidad consigo misma es alta. Los frutos resultantes de la auto-polinización pueden ocurrir, pero su germinación es pobre comparada a la de los frutos resultantes de polinización cruzada (Peter 1993).

*Tectona grandis* L.f. presenta un bajo porcentaje de germinación, debido a esto, no hay una buena regeneración natural y el uso indiscriminado de su madera, por ser una de las más preciosas, hacen que solo existan pocos ejemplares tanto en plántulas como adultos. De los pocos árboles semilleros que se encuentran se debe aprovechar al máximo sus semillas y proponer mecanismos de propagación para que esta especie se utilice en los programas de reforestación.

La presente investigación se realizó con el fin de determinar la concentración más adecuada de ácido giberélico, como tratamiento pre germinativo de semillas de *Tectona grandis* L.f. que permita producir una mayor cantidad de

plántulas y satisfacer las demandas de los programas de reforestación con material genéticamente superior y plántulas de buena calidad fisiológica.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Desde hace algunas décadas se ha visto la eficacia de la fitohormona AG<sub>3</sub> usada como tratamiento pre germinativo como promotor de la germinación en varias especies forestales que presentan algún tipo de latencia fisiológica. Uno de los primeros en comprobar el efecto regulador de crecimiento que tiene la fitohormona AG<sub>3</sub> en las etapas tempranas de la germinación de semillas fue Groot & Karssen (1987) . El mismo autor, indica que en todos los trabajos en los que se utiliza AG<sub>3</sub> como tratamiento pre germinativo para eliminar la latencia fisiológica, aumenta el porcentaje de germinación y acelera la misma (Groot & Karssen,1987).

Uno de los primeros trabajos en el que se utilizó la fitohormona AG<sub>3</sub> como tratamiento pre germinativo para fomentar la germinación de semillas, fue realizado por Tomás (1981), usando semillas de *Juglans regia*; este autor utilizó la fitohormona en concentraciones de 10, 50 y 200 ppm como tratamiento pre germinativo y obtuvo un 66% de germinación con cualquier concentración de AG<sub>3</sub>, y concluye que en la especie *Juglans regia*, no existen inhibidores en la cubierta de la semilla, ya que al final del ensayo tanto los tratamientos como el control alcanzaron porcentajes de germinación estadísticamente iguales.

En semillas de dos especies forestales de gran importancia económica y ornamental, el aliso negro (*Alnus glutinosa*) y abedul (*Betula pubescens*), se probaron los efectos de tres tratamientos pre germinativos con diferentes niveles en un arreglo factorial: estratificación fría ( $4 \pm 1$  °C) por 0, 15, 30, 60, 90 y 120 días; ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en concentraciones de 0, 100 y 200 ppm; imbibición

(50% de humedad relativa para *A. glutinosa* y 53% de humedad relativa para *B. pubescens*). Hicieron un multifactorial entre imbibición y ácido giberélico y las semillas fueron almacenadas en oscuridad. Para *A. glutinosa* la estratificación durante 30 días y 0 ppm de AG<sub>3</sub> fue el tratamiento más efectivo con 51 % de germinación; en *B. pubescens* fue la estratificación a 90 días y 100 ppm de AG<sub>3</sub> fue el tratamiento más efectivo con 61 % de germinación. Los resultados apuntan que, aunque la aplicación de AG<sub>3</sub> por si sólo reduce el tiempo de estratificación para romper la latencia de las semillas en ambas especies, no elimina los requerimientos de baja temperatura de las mismas (De Atrip y O'Reilly 2007).

García (1989), evaluó el efecto de diferentes tratamientos pre germinativos en tres especies forestales (*Abies guatemalensis* Rehder, *Tectona grandis* Linneo y *Junglans guatemalensis* Manning) y determinar el mejor tratamiento pre germinativo dentro de los evaluados para cada una de las especies evaluadas; midiendo las variables de porcentaje de germinación y días a la germinación; para ello utilizó nueve tratamientos pre germinativos: T1 (testigo), T2 (escarificación mecánica con lija), T3 (inmersión en una solución con 30 ppm de ácido giberélico durante una hora), T4 (inmersión en una solución con 60 ppm de ácido giberélico durante una hora), T5 (inmersión en una solución con 90 ppm de AG<sub>3</sub> durante una hora), T6 (escarificación química con ácido sulfúrico al 50 % durante 15 minutos), T7 (escarificación química con ácido sulfúrico al 50 % durante 30 minutos), T8 (escarificación mecánica con lija más inmersión en una solución con 50 ppm de ácido giberélico durante 45 minutos), T9 (mecánica con lija más inmersión en una solución de 75 ppm de ácido giberélico durante 45 minutos).

Rodríguez (s.f), identificó tratamientos simples y útiles que permitan homogenizar y mejorar la germinación de pilón (*Hyeronima oblonga*), así como disminuir los periodos de latencia, los tratamientos utilizados fueron: lijado e imbibición en ácido giberélico a diferentes concentraciones, inmersión en ácido sulfúrico, inmersión en xilol, imbibición en agua 24 h, lavado con agua y jabón, lijado, lavado más imbibición en ácido giberélico, inmersión en agua caliente (80 °C) hasta enfriar, imbibición en agua durante tres días y el testigo, determinando que con el tratamiento de imbibición en ácido giberélico obtuvo de un 66 % – 70 % en porcentaje de germinación.

Cornú (2014), hizo una comparación de la eficiencia de 4 tratamientos pre germinativos en la ruptura de la latencia de semillas de *Juglans pyriformis*, los cuales fueron: imbibición por 24 h (como control), imbibición por siete días con cambio diario de agua, imbibición en solución de ácido giberélico 10 ppm por 22 h, estratificación a  $4 \pm 1$  °C por 30 días en arena húmeda esterilizada.

## **Bases teóricas**

### **2.2. Clasificación taxonómica de *Tectona grandis* L.f.**

La especie se clasifica bajo el sistema de clasificación de Arthur Cronquist (1981,1993) se detalla la clasificación taxonómica de la teca en el reino vegetal.

<b>Reino</b>	:	Plantae
<b>División</b>	:	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	:	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	:	Lamiales
<b>Familia</b>	:	Verbenaceae
<b>Género</b>	:	<i>Tectona</i>

**Especie** : *Tectona grandis* L.f.

## **2.3. Ecología de *Tectona grandis* L.f.**

### **2.3.1. Origen**

*Tectona grandis* “teca” es originaria de Birmania, Tailandia, y algunas regiones de la India. En América los primeros países en cultivarlo fueron Trinidad y Tobago (Betancourt 1987).

### **2.3.2. Descripción botánica**

Los árboles de teca son de fuste recto y elevado. En los bosques del área natural de la especie, los árboles dominantes miden entre 25 y 30 m de altura y de 55 a 80 cm de diámetro; pero se han localizado árboles de mayores dimensiones, con fustes limpios de ramas hasta una altura de 30 m y perímetros comprendidos entre 4,5 y 6 m (de 1,43 a 1,91 m de DAP) (Betancourt 1987).

La corteza en su parte exterior es de color castaño claro, escamosa y agrietada y en su interior es de coloración blanquecina; tiene un grosor de 1.0 a 1,5 cm (Betancourt 1987).

Hojas opuestas ovaladas, verticiladas en plantas jóvenes, de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, consistentes y ásperas al tacto; miden comúnmente entre 40 y 50 cm de largo y 20 a 25 cm de ancho, pero en las plantas jóvenes algunas de ellas son de mayor tamaño (Betancourt 1987).

El follaje tierno posee un color rojizo que desaparece poco a poco.

Presenta inflorescencia en panículas terminales, erectas y ramificadas, de 40 a 50 cm de largo y más o menos igual de ancho (Betancourt 1987).

Las flores son de colores blanquecinos, pequeñas y numerosas, el cáliz es de color gris, finamente pubescente, con 6 lóbulos en forma de campana; corola blanco-cremosa en forma de embudo, con un tubo corto y 6 lóbulos extendidos, 6 estambres insertos en el tubo de la corola; ovario tetralocular. Las flores son hermafroditas (Betancourt 1987).

Los frutos son drupas pequeñas de color castaño claro y forma esférica, como el tamaño de una avellana, tetraloculares; están envueltos en un cáliz membranoso y persistente, semejante a una vejiguilla, plegada irregularmente; miden de 2 a 3 cm de diámetro (Betancourt 1987).

Su sistema radicular es grande y profundo, al principio crece una raíz gruesa que al madurar el árbol puede persistir o desaparecer, desarrollándose fuertes raíces laterales, lo que la hace resistente a fuertes vientos (Betancourt 1987).

### **2.3.3. Parámetros agronómicos para el cultivo**

Los parámetros agronómicos y su conocimiento son de suma importancia para el correcto establecimiento y manejo de un cultivo de teca, estos constituyen los principales elementos para determinar el medio en el que crecerá el cultivo en un determinado periodo de tiempo (Betancourt 1987).

#### **2.3.4. Clima**

Informan que esta especie logra su máximo desarrollo y tamaño en un clima tropical cálido y húmedo. Sobre los requisitos de humedad atmosférica existen marcadas variaciones entre las diferentes procedencias de la especie (Betancourt 1987).

Las procedentes de Birmania y del norte de Tailandia requieren que la humedad atmosférica, durante la estación seca no sea inferior al 60%; mientras que las de regiones secas de la india, toleran que la humedad descienda hasta el 30% (Betancourt 1987).

#### **2.3.5. Temperatura**

La teca puede desarrollarse en lugares donde las temperaturas mínimas bajen hasta 1,5 0C y en la que las máximas alcancen 46°C (Betancourt 1987).

#### **2.3.6. Precipitación**

La precipitación requerida es de 1300 a 2500 mm por año y una estación seca de 3 a 5 meses. La cantidad de lluvia necesaria para su óptimo desarrollo es de 1500 a 2000 mm por año, pero soporta precipitaciones tan bajas como de 500 mm y tan altas como de 5100 mm por año. La teca soporta áreas secas, incluso bajo condiciones calientes y de sequía extrema (Betancourt 1987).

### **2.3.7. Suelo**

La teca, crece en áreas entre el nivel del mar, como en Java, hasta una altitud de 1200 msnm en el centro de la India. Se establece sobre una variedad de suelos y formaciones geológicas, pero el mejor crecimiento ocurre en suelos aluviales profundos, porosos, fértiles y bien drenados, con un pH neutral o ácido (Weaver 2000).

La teca tolera condiciones de suelo muy extremas siempre que exista un drenaje adecuado. Los factores limitantes más importantes en cuanto a los suelos son la poca profundidad, las capas duras, las condiciones anegadas, los suelos compactados o arcillas densas con un bajo contenido de Ca o Mg. Se ha demostrado también que la teca es sensible a las deficiencias de fosfatos. Las pendientes escarpadas, el drenaje pobre y las altitudes de más de 1000 msnm también tienen influencia negativa en el crecimiento (Weaver 2000).

La teca crece bien en piedra arenisca porosa, pero sufre achaparramiento en cuarcita o en piedra arenisca dura y metamórfica. Se le encuentra también en suelos de granito, esquistos y otras rocas metamórficas. Más aún, crece bien en suelos de piedra caliza en donde la roca se ha desintegrado para formar una marga profunda (Weaver 2000).

El crecimiento es pobre sobre piedra caliza dura, en donde el suelo no es profundo.

La teca requiere de suelos fértiles para su crecimiento óptimo, especialmente los suelos ricos en Ca y en Mg. Muestras obtenidas de 40 árboles de teca de la mejor calidad,

representativos en edad y diámetro, obtenidos durante los primeros 15 años de crecimiento en plantaciones en la Reserva Forestal de Gambari en Nigeria, fueron analizadas con respecto al contenido de N, P, K, Ca y Mg). La plantación con una biomasa seca sobre el terreno de 92 toneladas por hectárea tuvo aproximadamente 2980 kg de K; 2228 kg de Ca; 1788 kg de N; 447 kg de P y 377 kg de Mg. Los requisitos anuales mínimos de nutrientes a los 15 años de edad, en kilogramos por hectárea, fueron de 556 de K, 328 de N, 357 de Ca, 76 de P y 62 de Mg (Weaver 2000).

La distribución de elementos, siguiendo tendencias similares en otros rodales, varió de acuerdo a la edad del rodal. La cantidad relativa de elementos encontrada en el follaje disminuyó con la edad, mientras que aumentó en las ramas y los troncos (Weaver 2000).

Estos requisitos de nutrientes son considerablemente mayores que aquellos requeridos para una plantación de pino en la misma área o en un bosque secundario de 40 años de edad en la República de Ghana, indicando que el uso de nutrientes es alto en teca, comparado con otros tipos de bosque (Weaver 2000).

#### **2.4. Importancia de *Tectona grandis* L.f.**

*Tectona grandis* L.f., se considera como un árbol multipropósito para sistemas agroforestales en muchas partes de Asia, África y América tropical, donde los campesinos agricultores están plantando cada vez más como inversión para el futuro y para satisfacer su propia demanda de madera (Betancorut 1987).

En el Perú existen plantaciones de teca en Tarapoto - San Martín, donde hay más de 130 mil árboles que han sido plantados en el alto Huayabamba (Boss Zois 2015).

## **2.5. Utilidad de *Tectona grandis* L.f.**

*Tectona grandis* L.f. produce una de las maderas más valiosas y apreciadas del mundo, a causa de sus excelentes cualidades y múltiples aplicaciones. El duramen que desde temprana edad ocupa la mayor parte del tronco es de color amarillo dorado en los árboles recién cortados, luego se torna a castaño dorado o color oliva, vetado con franjas oscuras; la albura es blanquecina o amarillo crema. Esta madera contiene cierto aceite aromático, que le da un olor peculiar; es untuosa al tacto (Walker 2007).

La madera de *Tectona grandis* L.f. es empleada en toda clase de construcciones navales y rurales, ebanistería, artesanía, carpintería en general, decorado interior y exterior, carrocería, puentes y toda clase de obras que requieren de madera de excelente calidad. El tinte rojizo que producen sus hojas de teca se emplean en Malabar para teñir seda y algodón. En algunos lugares de la India se extrae el aceite de la madera para usos medicinales. Por sus propiedades físicas-mecánicas, facilidad de secado, estabilidad y duración, se ha constituido en patrón para el juzgamiento de las demás especies frondosas (Betancorut 1987).

## **2.6. Árbol plus**

Un árbol plus se define como un árbol que posee un fenotipo superior para crecimiento, forma, calidad de la madera u otras características deseables; sin embargo, no se ha probado su valor genético, aunque las probabilidades de que posea un buen genotipo

para características con una heredabilidad razonable, son altas (Boland y otros 1980).

Particularmente los árboles sancionados como "plus" darán origen a los huertos semilleros clónales y junto con los árboles sancionados como "banco" estructurarán la población de mejoramiento de primera generación y la población base para las selecciones de segunda generación (Boland y otros 1980).

## **2.7. Consideraciones básicas para selección de árboles plus**

Es necesario tener en cuenta siempre que los factores que controlan el éxito de mejoramiento genético son: cantidad de variación presente en las especies, carácter a mejorar, intensidad de selección, heredabilidad del carácter bajo selección y método de propagación (Boland y otros 1980).

De acuerdo a esto, para la selección de los árboles plus se debe realizar los siguientes pasos:

Definir el método de selección, el carácter o rasgo que se considerará y los requisitos mínimos de los arboles candidatos.

Elegir las áreas y poblaciones donde se efectuará la selección. Es deseable que estas sean de las mejoras procedencias conocidas y que se encuentren plantadas en el área donde se utilizará el material mejorado, para evitar reducciones en la ganancia genética por efecto de la interacción genotipo- ambiente.

- Prospeccionar sistemáticamente las áreas elegidas y seleccionar los arboles candidatos.

- Visitar los arboles genéticos y eliminar los que no cumplan con los requisitos mínimos preestablecidos.
- Calcular el puntaje total final de cada árbol candidato y seleccionar los que superan el puntaje mínimo preestablecido para árboles plus o, en su defecto, los mejores hasta completar el número deseado o el diferencial de selección requerido.
- Por último, sancionar si es o no un árbol plus, esta actividad la realiza el mejorador del más alto nivel posible.

## **2.8. Semilla y germinación**

De manera general, Bidwell (1993), menciona que la semilla es una estructura en reposo, por lo regular deshidratada, compuesto principalmente de tejido de reserva y rodeada por una cubierta esencialmente impermeable. Los procesos metabólicos están suspendidos o tienen lugar muy lentamente; la semilla está en condición de vida interrumpida, debido principalmente a su carencia de agua y oxígeno. El proceso de germinación consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento. Unas cuantas cubiertas seminales son tan impermeables al agua que necesitan condiciones extremas para germinar.

Vázquez *et al.* (1997), indica que los recursos de una planta para producir semillas son limitados, así que cierta cantidad de energía disponible para producirlas puede traducirse en un gran número de semillas pequeñas o en un gran número de semillas grandes. El número producido y su tamaño afectarán la capacidad de sobrevivencia y perpetuación de las especies. Las plantas que

producen muchas semillas pequeñas se diseminan más ampliamente y tienen mayores oportunidades de encontrar un sitio favorable para germinar y crecer; sin embargo, su tamaño pequeño aporta poco al crecimiento de la nueva planta y esta depende muy pronto de los recursos disponibles en su medio, por lo que su riesgo de morir es muy alto. También tienen menor resistencia a los efectos de la devoración por herbívoros y pueden ser aplastadas fácilmente por la hojarasca que cae al suelo; aunque esto se recompensa de alguna manera por el gran número, solo una pequeña fracción sobrevive a todos esos accidentes. La dispersión de semillas es una de las estrategias de las plantas para evitar ser depredadas o para llegar a sitios adecuados para su germinación. El éxito reproductivo en gran parte depende de la forma y amplitud de dispersión que tengan las especies.

Trujillo (1996), define a las semillas forestales como el principal medio para perpetuar la especie de generación en generación. Es decir, la semilla es el germen de la vida, el principio y el fin de una serie de procesos fisiológicos que comienzan con la floración y fecundación de los óvulos y terminan con la germinación de la semilla madura. La germinación de la semilla es como un fenómeno biológico, que puede interpretarse como la continuación del crecimiento del embrión, el cual ha sido temporalmente interrumpido durante la formación de la semilla. Durante el desarrollo de la germinación intervienen eventos genéticos, metabólicos, anatómicos y bioquímicos. Básicamente supone la activación metabólica de la semilla hasta que se da origen a una plántula normal. Para mejorar y hacer óptimas las condiciones para la germinación se recurre al uso de tratamientos pre germinativos, las cuales ayudan de una u otra

manera al estímulo germinativo bien sea superando barrera físicas o biológicas.

Hartman & kester (1987), afirman que el proceso de germinación se divide en tres etapas consecutivas separadas:

**a. Etapa 1 (activación)**

Imbibición del agua: La semilla seca absorbe agua y el contenido de humedad al principio se incrementa con rapidez, luego se estabiliza. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloides de la semilla seca, que suaviza las cubiertas de la misma e hidrata al protoplasma.

La semilla se hincha y es posible que se rompan las cubiertas. La imbibición es un fenómeno físico y puede efectuarse aun en semillas muertas.

Síntesis de enzimas: La actividad de las enzimas empieza muy rápidamente después del inicio de la germinación, a medida que se hidrata la semilla. La activación resulta en parte de la reactivación de enzimas previamente almacenadas que se formaron durante el desarrollo de embrión y en parte de la síntesis de nuevas enzimas al comenzar la germinación.

El desarrollo de la semilla y su germinación representa un sistema biológico en el cual la maquinaria metabólica de las células es “activada” o “suspendida” mediante el control de flujo de información genética del ADN de la célula. Expresada en forma simple el proceso implica dos pasos básicos.

## **b. Etapa 2 (digestión y translocación)**

En el endospermo, los cotiledones, el perispermo, o en el gametofito femenino (coníferas) se almacenan grasas, proteínas y carbohidratos; estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, que son translocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario.

Los patrones metabólicos de semillas de diferentes especies difieren con el tipo de reservas químicas de la semilla. Las grasas y los aceites, los principales constituyentes alimenticios de la mayoría de las plantas superiores, son convertidos enzimáticamente a ácidos grasos y al final en azúcares.

Las proteínas almacenadas, presentes en la mayoría de las semillas, son una fuente de aminoácidos y de nitrógeno esencial para la planta en crecimiento. El almidón, presente en muchas semillas como una fuente de energía, se convierte en azúcar.

Los patrones metabólicos que ocurren durante la germinación implican la activación de enzimas específicas en la secuencia apropiada y la regulación de su actividad. El control puede ser ejercido dentro de las células por varios procesos bioquímicos y pueden depender de la presencia de sustancias químicas u hormonas. Ahora la absorción de agua y la respiración continúan con una tasa constante. El sistema celular existente ha sido activado y el sistema de síntesis de proteínas está funcionando para producir nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores y ácidos nucleicos para realizar las funciones de la célula y sintetizar nuevos materiales.

### **c. Etapa 3 (crecimiento de la plántula)**

El desarrollo de la plántula resulta de la división celular continuada en puntos de crecimiento separado del eje embrionario, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula. La iniciación de la división celular de los puntos de crecimiento es independiente de la iniciación de la elongación celular. Una vez que comienza el crecimiento en el eje embrionario, se incrementa el peso fresco y el peso seco de la plántula, pero disminuye el peso total de los tejidos de almacenamiento.

La tasa de respiración, medida por la absorción de oxígeno, aumenta constantemente con el progreso del crecimiento. Finalmente, los tejidos de almacenamiento de la semilla dejan de intervenir en las actividades metabólicas, excepto en aquellas plantas en que los cotiledones salen a la superficie del suelo y se vuelven activos en la fotosíntesis.

La absorción de agua aumenta en forma constante a medida que las nuevas raíces exploran el medio de germinación y el peso fresco de la plántula aumenta.

#### **2.8.1. Factores que intervienen en la germinación**

Trujillo (1996), menciona que la germinación es una secuencia de eventos influenciada directamente por varios factores internos y externos que interactúan permanentemente.

- Dentro de los factores externos se encuentran principalmente la humedad, temperatura, luz, oxígeno y CO<sub>2</sub>, sustrato (pH, nivel de salinidad, medio).

- Los internos que intervienen son los promotores e inhibidores de la germinación, la activación metabólica en general y la regulación genética particular.

La fisiología de la germinación aún no está totalmente determinada, aunque existen por lo menos tres teorías bioquímicamente fundamentadas. Sobre algunos de los factores y restricciones existentes es posible la aplicación de tratamientos pre germinativos.

Hartman & Kester (1987), mencionan que la iniciación de la germinación requiere que se lleve tres condiciones:

- Primero: La semilla debe ser viable, esto es, el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar.
- Segundo: La semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente. No debe existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo ni barreras químicas para la germinación.
- Tercero: La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas. Disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones luz.

Debido a las complejas interacciones entre el ambiente y condiciones específicas de letargo, dichas exigencias pueden cambiar con el tiempo y los métodos de manejo de las semillas también. Así, el segundo requisito, evitar el letargo, puede, a veces, satisfacerse proporcionando las condiciones ambientales apropiadas.

### 2.8.2. Semilla certificada

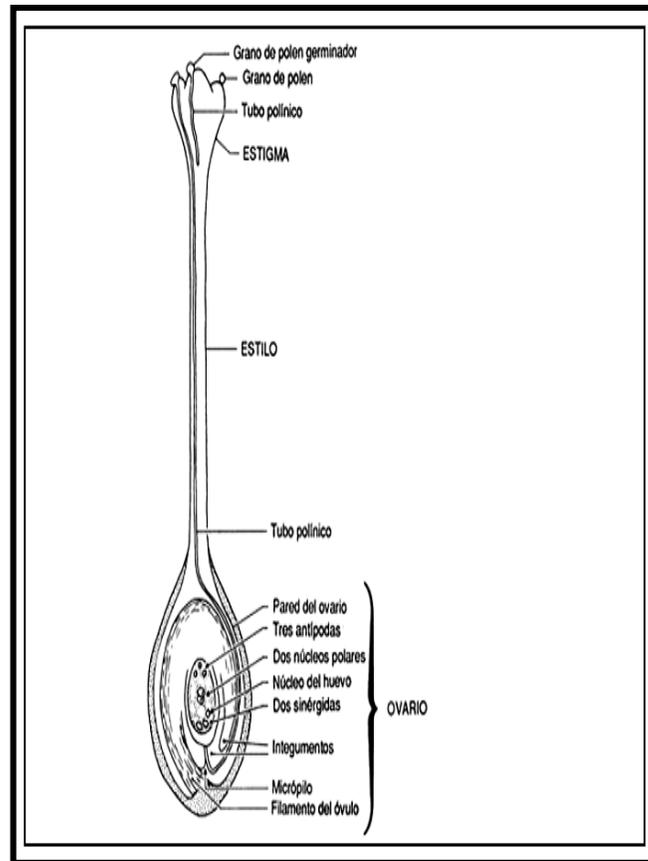
La semilla certificada también llamada semilla comercial. Procedente de semilla madre, es la que se obtiene después de un proceso legalizado de producción y multiplicación de semilla de variedades mejoradas. Se logra a partir de la semilla genética o de fundación, o de semilla registrada, que cumple con los requisitos mínimos establecidos en el reglamento específico de la especie o grupos (Corner 1976).

De acuerdo con los productores y usuarios de estas semillas, existen beneficios alrededor de estas semillas. Algunos beneficios son:

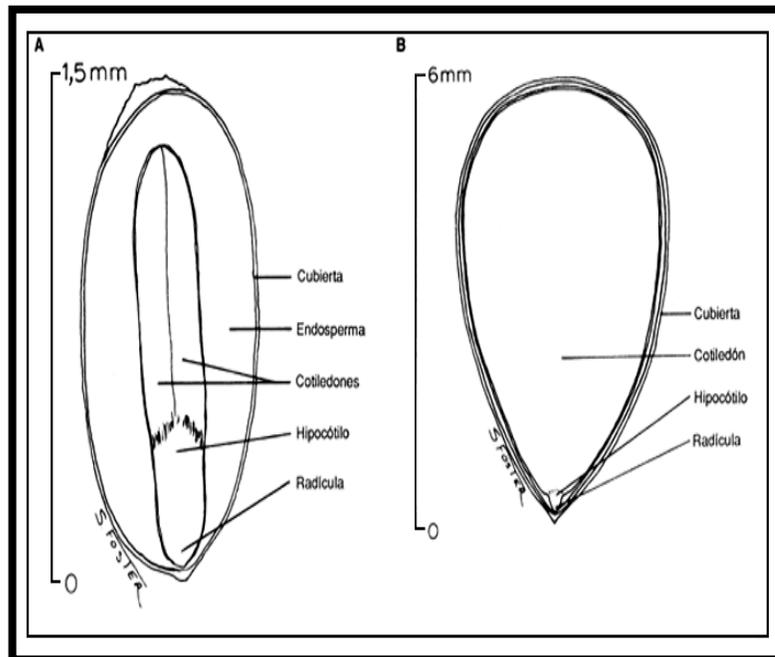
- Alto porcentaje de germinación
- Pureza Varietal
- Buena calidad en la cosecha
- Más aprovechamiento del fertilizante
- Más resistencia a plagas, enfermedades y vuelco
- Mayor rendimiento

Por otra parte, no hay científicos que indiquen que los consumos de los productos obtenidos a partir de estas semillas generen enfermedades como el cáncer y produzcan desórdenes hormonales, metabólicos, inmunológicos, nerviosos y reproductivos (Corner 1976).

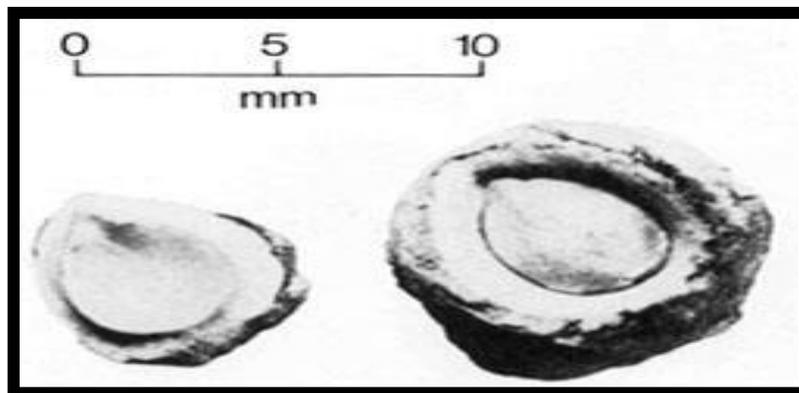
### 2.8.3. Partes de la Semilla



Sección longitudinal de un pistilo típico justo antes de la fecundación (Servicio Forestal, Dpto. Agric. EE.UU.)



Secciones longitudinales de semillas maduras de: *Tectona grandis*, donde el endosperma ha desaparecido y los cotiledones ocupan casi toda la cavidad de la semilla (Servicio Forestal, Dpto. Agric. EE.UU.)



Drupa de *Tectona grandis*

#### 2.8.4. Sustratos en los ensayos de germinación

Trujillo (1996), menciona que los principales requisitos que debe reunir el sustrato son: no tóxico para las plántulas, libre de hongos y otros microorganismos, de textura porosa para proporcionar ventilación y humedad suficientes a las semillas en

germinación y por último la elección del medio para germinación depende del equipo, la especie las condiciones del trabajo y la experiencia. La tierra se utiliza muy raramente como substrato en los ensayos de germinación, pues las muestras pueden ser muy distintas en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

En la mayoría de los ensayos de laboratorio con especies de semillas pequeñas se utilizan papel y algodón. Entre otros materiales figuran la arena, el musgo de turba granulado y la mica expandida (vermiculita y terralita).

El papel filtro, el cartón fuerte o cualquier otro papel absorbente pueden unirse a una mecha de papel filtro o algodón que está sumergida en agua por el otro extremo, o pueden colocarse encima de una capa de arena o vermiculita. El papel de celulosa se utiliza cada vez más como medio de germinación, debido a que es más fácil manipular que la arena y permite igualmente que penetre en él la radícula, lo que facilita una mejor evaluación de la germinación anormal.

#### **2.8.5. Tratamientos pre germinativos**

**a. Escarificación mecánica.** Es cualquier proceso de ruptura, rayado o alteración mecánica de las cubiertas de la semilla para hacerlas permeables al agua o a los gases (Delvin 1980).

**b. Escarificación química.** Para este tratamiento se pueden utilizar los ácidos: sulfúrico, nítrico, clorhídrico concentrados o diluidos, también se pueden utilizar disolventes orgánicos como: acetona, alcohol, éter y xileno; así también se puede utilizar carbonato de calcio diluido. El tiempo de inmersión depende de la temperatura, de la clase de semilla y a veces

del lote específico de semilla. La duración del tratamiento varía desde 10 minutos hasta 6 horas, según la consistencia de la cubierta de la semilla (Padilla 1977).

**c. Remojo en agua.** El propósito de remojar las semillas en agua es modificar las cubiertas duras, remover los inhibidores, ablandar las semillas y reducir el tiempo de germinación. el remojo puede hacerse con agua a temperatura ambiente o con agua caliente (Hartmann & Kester 1982).

▪ **Remojo en agua a temperatura ambiente**

Las semillas se colocan en recipiente con agua, durante diferentes intervalos de tiempo, al hincharse las semillas se sacan y se siembran, es aconsejable para semillas de testa dura (Wotowiec 1983).

▪ **Remojo en agua caliente**

Este tratamiento se aconseja para semillas de testa dura, las semillas se sumergen en agua caliente a temperaturas alrededor de 80 °C, desde 1 minuto hasta 10 minutos, según sea la consistencia de la testa (Wotowiec 1983).

**Estratificación.** Es un tratamiento que consiste en proporcionar a la semilla bajas temperaturas, las cuales son requeridas para lograr una germinación rápida y uniforme (Miller 1981).

**d. Reguladores del crecimiento.** Cuando la dormancia es debida a la presencia de inhibidores de la germinación se puede utilizar promotores de la germinación como el ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) a diferentes concentraciones e intervalos de tiempo. También se sospecha que el ácido giberélico acelera la pos maduración, disminuyendo el tiempo que tardan las semillas para germinar (Weaver 1982).

**e. Combinación de tratamientos.** El propósito de combinar dos o más tratamientos es para superar los efectos de la cubierta impermeable de las semillas y de un embrión latente o de estimular la germinación de semillas con latencia compleja del embrión (Hartmann & Kester 1982).

#### **2.8.6. Métodos de propagación**

Debido a la variabilidad en cuanto al número de semillas por fruto y su baja germinación, Husen y Pal (2007) reprodujeron materiales clonales para un programa forestal de Teca, a partir de estacas tomadas de la parte media de las ramas de los árboles de plantaciones jóvenes (Husen y Pal 2006). Sin embargo, a pesar que se pueden implementar programas de propagación vegetativa, los volúmenes de producción son bajos y costosos, porque el dificulta su implementación (Palanisamy y Subramanian 2001).

En algunos casos utilizan los clones para la producción de semilla de calidad genética y no con fines comerciales (Palupi y Owens 1998).

El cultivo *in vitro* se ha utilizado para la propagación de materiales con bajas capacidades germinativas. En este caso se utiliza la micro reproducción por medio de tallos procedentes de brotes axilares de genotipos de plantas germinadas *in vitro*, o de plantas que se desarrollan en condiciones naturales (Monteuuis *et al* 1998).

La propagación medio de estacas o cultivo de tejidos son alternativas que surgieron en vista de la alta demanda de materiales para la siembra y la falta de semilla sexual, sin

embargo, el mejor método para la multiplicación de esta especie sigue siendo la semilla, por los bajos costos y facilidad de manejo (Monteuuis y Goh 1999).

### **Patógenos**

Las semillas que se extraen de los frutos son muy suaves y frágiles, y por ser ricas en nutrientes son fácilmente atacadas por hongos, que pueden estar presentes en la superficie de la semilla o en el medio ambiente (Tiwari *et al.* 2004). En la literatura se ha reportado el uso del fungicida ceresan (fenil acetato de mercurio) aplicado a la semilla, el cual evitó el ataque de hongos y favoreció considerablemente la germinación (Tiwari *et al.* 2004).

#### **2.8.7. Sustancias reguladoras de crecimiento**

El ácido giberélico o giberelina A3, AG, y AG3 es una fitohormona que se encuentra en plantas. Cuando es purificada, es un polvo cristalino blanco a pálido amarillo, soluble en etanol y algo soluble en agua (Rojas *et al.* 2004).

El ácido Giberélico (AG<sub>3</sub>) es una simple giberelina, que promueve el crecimiento y elongación celular, afecta la descomposición vegetal y ayuda a su crecimiento si está en bajas proporciones, aunque eventualmente la planta desarrolle tolerancia al compuesto. El ácido giberélico es una muy potente hormona cuya presencia natural en plantas controla su desarrollo. Sabiéndose de su poder regulatorio, las aplicaciones de muy bajas concentraciones pueden resultar en profundos efectos, mientras que muy altas pueden dar el efecto opuesto (Rojas *et al.* 2004).

Las giberelinas tienen un número de efectos sobre el desarrollo vegetal:

1. Estimulan rápido crecimiento de tallos.
2. Inducen divisiones mitóticas en las hojas de algunas especies.
3. Incrementan la tasa de germinación de semillas.

El AG<sub>3</sub> se usa a veces en laboratorio y en invernáculo para acelerar la germinación de semillas que de otro modo permanecerían en dormancia (Rojas *et al.* 2004).

La giberelina es una fitohormona producida en la zona apical de frutos y semillas. Sus principales funciones son la interrupción del período de latencia de las semillas, haciéndolas germinar, la inducción del desarrollo de yemas y frutos y la regulación del crecimiento longitudinal del tallo como así también la elongación de órganos axiales: pecíolos, pedúnculos, etc. Su acción se considera opuesta a la de otra hormona vegetal, el ácido abscísico (Rojas *et al.* 2004).

## **2.8.8. Parámetros para medir la germinación**

### **a. Poder germinativo**

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 (Rachmawati *et al.* 2002).

PG% = Semillas germinadas x 100/ cantidad de semillas.

## **b. Manejo de las semillas de *Tectona grandis* L.f.**

### **▪ Almacenamiento**

Semilla ortodoxa, se almacena manteniendo un contenido de humedad menor del 10 % hasta por varios años. Puede aumentar su porcentaje de germinación después de 6 meses a un año de almacenamiento (Rachmawati *et al.* 2002).

Es conveniente secar la semilla y almacenarla en sacos que cuelguen en lugares ventilados, si a la semilla se le da un buen manejo el porcentaje de germinación puede mantenerse entre 25 y 50 % (Maginiy 1968).

### **▪ Tratamiento pre germinativo**

Depende de si la semilla tiene exocarpo (cubierta tipo corcho) o es escarificada; con exocarpo hay varios tratamientos, el mejor consiste en la inmersión en agua durante la noche, y en el día exponerla al sol sobre una lona, repitiendo el procedimiento durante 12 días.

### **▪ Plántulas en vivero**

Con semilla sin escarificar se logran en promedio 250 plántulas reales y la germinación es lenta y heterogénea. Con semillas escarificadas se logran más de 1000 plántulas de manera homogénea y rápida (Yadav 1992).

## **c. Características físicas de la semilla de *Tectona grandis* L.f.**

La floración seda en los meses de junio a setiembre y la producción de frutos al inicio del verano, de febrero a abril. La teca normalmente presenta entre 800 y 1780 frutos por kilogramo (Jayasankar 1999).

En cuanto al tamaño, forma y peso de frutos se reportan resultados variables, indican que el tamaño y peso de los frutos no tienen una influencia significativa en el porcentaje, de germinación (Jayasankar 1999).

**d. Energía germinativa**

Es el porcentaje de semillas que germinan en un determinado periodo de tiempo (1/4 del tiempo de estimación de PG). Representa la velocidad a la que germinan las semillas.

$EG = PG \times (\text{semillas geminadas en un cuarto de tiempo empleado para determinar el PG} / \text{semillas totales}).$

**e. Valor germinativo**

El valor germinativo de la semilla es el factor más importante, que da una idea definida sobre la calidad de la semilla.

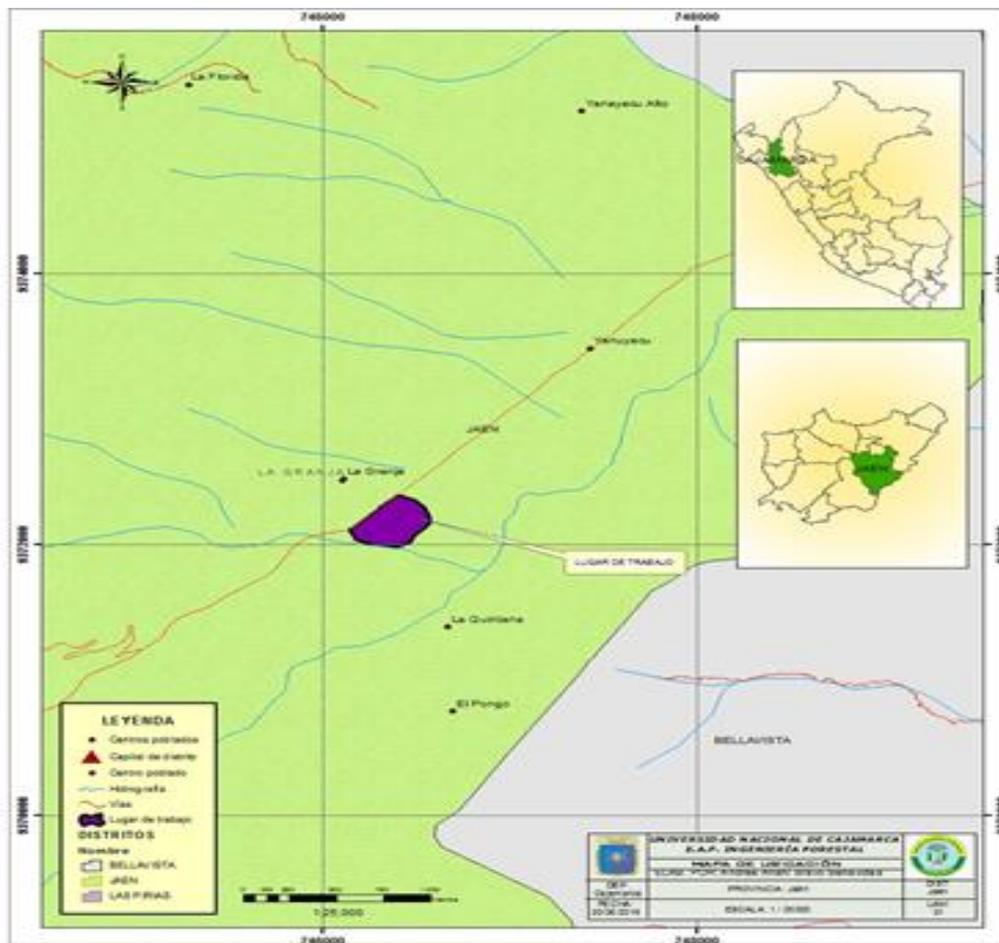
$VG = \text{Coeficiente de pureza} \times \text{Coeficiente de germinación} / 100$

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación de la investigación

La investigación se llevó a cabo en el Vivero Municipal Manuela Díaz Estela, de la Municipalidad Provincial de Jaén, departamento de Cajamarca, a una altura 720 msnm y ubicada entre las coordenadas UTM 0744431 E y 9371653 N (Figura 1).

Figura 1. Mapa de ubicación del lugar de investigación



## 3.2. Materiales

- a. **Material biológico.** Semillas de *Tectona grandis* L.f., las que fueron recolectadas de árboles ubicados en el sector La Granja, caserío Yanuyacu Bajo, distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.
- b. **Reactivos.** Ácido giberélico a una concentración de 500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm.
- c. **Material de campo.** Saco de yute, madera, lampa, pico, plástico de doble ancho, barreta, zaranda, cordel de nylon, letreros, libreta de campo, tijeras telescópicas, lápiz y lapicero, machete, tijeras de podar, GPS, regadera, wincha de 5 m.
- d. **Insumos.** Arena de río, risolex.
- e. **Material y equipo del laboratorio.** Microscopio compuesto, balanza de precisión, láminas porta y cubre objeto, vaso de precipitación, embudo, tijeras, placa Petri, lupa, algodón, pipetas de 1/10 ml y 5 ml, pinzas, tubos de ensayo, alcohol, tamices, agua destilada, balones, horno, refrigerador, autoclave, matraz, erlenmeyer de 100 ml.
- f. **Equipo.** Cámara digital, calculadora, computadora, CDs, memoria USB, impresora.

## 3.3. Metodología

### 3.3.1. Fase de campo

#### a. Recolección de la muestra botánica

Con el fin de tener seguridad de identificación de la especie, la muestra botánica, fue enviada al Herbario MOL de la

Universidad Nacional Agraria La Molina para su identificación (Anexo 1). Las muestras fueron recolectadas, en el sector La Granja - Yanuyacu, de propiedad de la Agencia Agraria Jaén, las mismas que fueron preservadas en papel periódico y cartón (Rodríguez y Rojas 2002).

#### **b. Recolección de semillas de *Tectona grandis* L.f.**

Luego de confirmada la identidad de la especie en estudio, se realizó la recolección de las semillas en el sector La Granja – Yanuyacu; previamente se ubicaron y marcaron los árboles, con características adecuadas como fuste, fructificación y sanidad. Las semillas colectadas fueron puestas en bolsas de yute y trasladadas al Laboratorio de Biología de la Universidad Nacional de Cajamarca- Sede Jaén, para su respectivo análisis.

### **3.4. Fase de gabinete**

Se evaluó la calidad de la semilla de *Tectona grandis* L.f., usando la metodología y protocolos de germinación ISTA 2007:

#### **a. Prueba de pureza**

Las muestras de semilla de árboles pueden contener impurezas como semillas de malas hierbas, semillas, de otras especies arbóreas, estructuras seminales separadas, partículas de hoja y otros materiales. El análisis de pureza tiene por finalidad determinar la composición, en peso, de la muestra que es objeto del ensayo. Para ello se separa la muestra en las partes que la componen. Cuando se efectúa el análisis de pureza, es el primer ensayo que debe realizarse, pues los ensayos ulteriores se efectúan únicamente sobre el componente de semilla pura.

Para el caso del presente trabajo, Se separó las impurezas de la semilla recolectada, considerando como semilla pura cuando presentan un tamaño uniforme, forma y buen aspecto general externo. Inversamente, se consideró como impurezas, las semillas demasiado pequeñas, parcialmente comida por insectos o con evidencia de manchas producidas por hongos. Separadas las impurezas, se pesó por separado con el objetivo de conocer el número de semillas por kg, se pesó 1000 semillas.

El porcentaje de pureza se calculó con la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de pureza} = \frac{\text{peso de la semilla pura}}{\text{peso total de la muestra}} \times 100$$

#### **b. Contenido de humedad (%)**

Las semillas puras fueron separadas, en 3 repeticiones de 100 semillas cada repetición en una placa Petri, luego fueron colocadas en estufa a 30 °C, registrando el peso en una balanza de precisión cada 5 minutos, repitiendo varias veces (6) hasta obtener un peso constante. El contenido de humedad se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CH} = (M2-M3) \times \frac{100}{M2 - M1}$$

Donde:

**M1** = Peso en gramos de la caja de aluminio y su tapa.

**M2** = Peso en gramos de la caja de aluminio, su tapa y la semilla entera.

**M3** = Peso en gramos de la caja de aluminio, su tapa y la semilla entera después del periodo de secado en la estufa.

### **c. Ensayos de viabilidad**

Se separaron 100 tubos de ensayos con una semilla cada uno, y se le incorporó un reactivo (Bicarbonato de calcio más fenoltaleina) se le dejó en remojo por ocho minutos hasta que tome una coloración violeta (Foto 1).



Foto 1: Prueba de viabilidad de la semilla

### **d. Diseño experimental**

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA): cinco tratamientos (T) con tres repeticiones (R) cada uno.

### e. Distribución de los tratamientos

Cuadro 1. Diseño Completamente al Azar (DCA)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		
	R1	R2	R3
T1	T1	T2	T4
T3	T3	T1	T2
T2	T2	T3	T1
T4	T4	T4	T3

### f. Tratamientos en estudio

**T1:** inmersión en agua pura durante 24 h.

**T2:** inmersión en una concentración de 500 ppm de ácido giberélico con 1 litro de agua durante 24 h.

**T3:** inmersión en una concentración de 1000 ppm de ácido giberélico con 1 litro de agua durante 24 h.

**T4:** inmersión en una concentración de 2000 ppm de ácido giberélico con 1 litro de agua durante 24 h.

**T5:** siembra directa sin ningún tratamiento (testigo).

**Escarificación Mecánica:** Fueron escurificadas 750 semillas de *Tectona grandis* L.f., con la ayuda de una hélice, a una velocidad de 90 rpm, con agua por el espacio de 5 minutos, luego se dejó secar por 12 horas, y se separaron en 150 semillas por tratamiento:

**Escarificación Física:** Para el tratamiento (T1): inmersión en agua pura durante 24 horas, consistió en un tratamiento

físico, en donde 150 semillas de *Tectona grandis* L.f., fueron remojadas con agua fría durante 24 horas.

**Escarificación Química:** Para los tratamientos T2, T3 y T4, las semillas fueron puestas en inmersión, en una solución de ácido giberélico durante 24 horas, a una concentración de 500, 1000 y 2000 ppm respectivamente. Para cada tratamiento se usó 150 semillas de *Tectona grandis* L.f.

**Testigo:** Para el tratamiento (T5): siembra directa sin ningún tratamiento, se usó 150 semillas de *Tectona grandis* L.f., solo se les realizó la escarificación.

#### **g. Construcción de cama almaciguera**

Se construyó una cama almaciguera, para la germinación de las semillas, cuyas dimensiones fueron de 1.5 m de largo, y 1.20 m de ancho, un espesor de 30 cm de arena; las dimensiones de cada repetición fue de 30 x 40 cm, siendo separados por tablas de 1.20 m de largo, 20 cm de ancho y 1/2" de espesor (Foto 2). El sustrato utilizado fue arena de río, al cual se aplicó Rizolex, a una proporción de 10 ml/ l de agua, se dejó tapado con plástico de color negro durante 2 días; transcurrido este tiempo, se retiró el plástico con la finalidad de ventilar las camas almacigueras por un día y proceder al almacigado.



Foto 2: Preparación de camas almacigueras por tratamiento

#### **h. Siembra de semillas *Tectona grandis* L.f.**

Luego de aplicar los diferentes tratamientos a las semillas de *Tectona grandis* L.f., cada tratamiento se dividió en 3 repeticiones con 50 semillas cada una, las que fueron sembradas en la cama almaciguera; la siembra se realizó a un distanciamiento de 2 cm x 2 cm entre filas y semillas; las semillas se colocaron a 1cm de profundidad, y tapadas con arena fina. El riego se realizó dos veces por semana o como fuera necesario dependiendo de las condiciones del ambiente.

Una vez germinadas las semillas de *Tectona grandis* L.f. (Foto 3), se evaluó por un periodo de 3 meses. El porcentaje de germinación se registró diariamente.



Foto 3: Germinación de semillas de *Tectona grandis* L.f. por tratamiento

#### i. Variables de medición

- **Porcentaje de germinación:** para determinar esta variable, se tomó en cuenta como semilla germinada desde el momento en que la radícula se mostró visible; el registro de semillas germinadas se inició desde el día que se observó la emisión de la radícula (Anexos 3, 4, 5, 6, 7).
- **Energía germinativa (EG):** Es el porcentaje de semillas que germinan en un determinado periodo de tiempo (1/4 del tiempo de estimación de PG). Representa la velocidad en la que germinan las semillas.

$EG = PG \times (\text{semillas geminadas en un cuarto de tiempo empleado para determinar el PG} / \text{semillas totales})$

- **Valor de germinación (VG):** El valor germinativo de la semilla es el factor más importante, que da una idea definida sobre la calidad de la semilla.

$VG = \text{Coeficiente de pureza} \times \text{Coeficiente de germinación} / 100$

#### **j. Organización de datos**

El conteo de las semillas germinadas, fueron organizadas en una matriz de datos, para ello se utilizó una hoja de cálculo Excel, donde se incorporaron todos los datos pertenecientes a cada uno de los tratamientos.

#### **k. Procesamiento de datos**

Para la presentación de los resultados y la interpretación de datos, se realizó un gráfico de barras en una hoja de cálculo Microsoft Excel.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y las diferencias significativas entre medias se compararon mediante la aplicación de prueba múltiple de medias (Duncan) ( $\alpha = 0.05$ ), para lo cual fue usado el SAS. Para el porcentaje de germinación fue necesario transformar los datos  $Y = \arcsin(P)^{1/2}$ .

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### Análisis de la semilla

Las semillas de *Tectona grandis* L.f., recién cosechadas fueron sometidas a análisis de laboratorio, para determinar su calidad inicial, habiendo determinado un porcentaje de pureza del 45.24 %. Las impurezas de la semilla conformada por restos del fruto seco, algunas semillas vanas al notarse un tamaño pequeño, rugosas y deformes, etc., correspondió a un 54.76 %, un porcentaje de germinación del 43.67 %. El contenido de humedad fue del 6.72 % y 2564 semillas/ kg (en donde una semilla pesa 0.39 g).

Parámetros analizados					
PG (%)	Pureza (%)	Contenido de Humedad (%)	Nº. de Semillas/ kg	Peso de 1 semilla (g)	Viabilidad (%)
43.67	45.24	6.72	2564	0.39	67.00

Estos datos pueden variar significativamente dependiendo de la procedencia, la edad de los árboles de colecta y la polinización que influye en el número de semillas viables por cada fruto, sin embargo, son datos promedio orientativos y útiles.

Así mismo Enrique Trujillo (El semillero E.U.) comprobó que el número de semillas/kg fue de 2345, el peso de una semilla fue de 0.42 g. las semillas viables fueron de 71%.

#### 4.1. Porcentaje de germinación de semillas de *Tectona grandis* L.f.

Cuadro 2. Análisis de variancia (ANVA) para el porcentaje de germinación (%) de semillas almacigadas

FV	GL	SC <sub>TRAT</sub>	CM	F CAL	F <sub>α</sub> al 0.05 y 0.01
TRATAMIENTOS	4	1547.50	386.88	9.55 **	3.48 y 5.99
ERROR	10	404.96	40.50		
<b>TOTAL</b>	14				
<b>CV%</b>	17.44 %				

El cuadro 2, del análisis de variancia, muestra una alta significación estadística (\*\*) para los tratamientos en estudio, puesto que la F calculada supera a F tabular a nivel del 5 % y 1 % de probabilidad, respectivamente, lo cual indica una clara diferencia entre los 5 tratamientos utilizados, el coeficiente de variabilidad del 17.44 % significa que los datos son confiables, que el experimento ha sido conducido eficientemente de acuerdo al diseño del proyecto.

Cuadro 3. Prueba de significación de Duncan al 5 % de probabilidades para el porcentaje de germinación (%) de semillas

[Datos transformados con  $Y = \arcseno (P)^{1/2}$ ]

Orden de Mérito	Tratamiento	Porcentaje de germinación de semillas (%)	Significación estadística
I	T4	48.07	A
II	T3	40.33	A
III	T1	39.00	A
IV	T2	37.46	A
V	T5	17.53	B

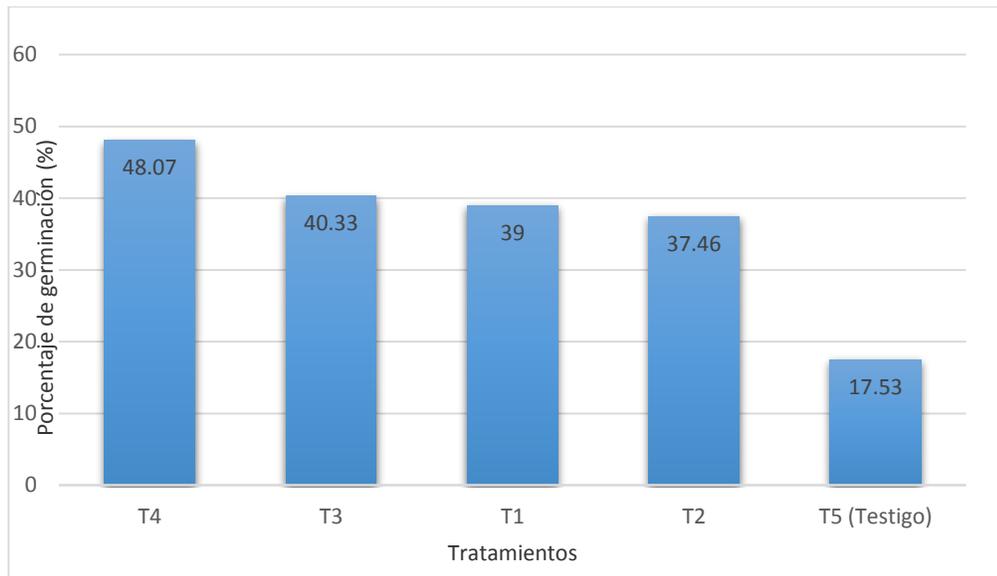


Figura 2. Porcentaje de germinación de semillas almacenadas

En el cuadro 3 y la figura 2 se aprecia que, al realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para los tratamientos en estudio, el T4: inmersión en una concentración de 2000 ppm por litro durante 24 h, con un 48.07 % de semillas germinadas, es superior a los tratamientos T3: inmersión en una concentración de 1000 ppm/l/24 h, con 40.33 %, T1: remojo en agua pura durante 24 h, con 39.00 %, y con el T2: inmersión en una concentración de 500 ppm/l/24 h, con 37.46 % de semillas germinadas; sin embargo, estadísticamente son iguales entre sí, y superiores estadísticamente al tratamiento T5, que corresponde al testigo, es decir, siembra directa de la semilla, sin ningún tratamiento, con 17.53 % de semillas germinadas. García (1989), también encontró diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, y al realizar la prueba de Tukey al 1 %, todos sus tratamientos pre germinativos con Ácido Giberélico fueron estadísticamente superiores al testigo. Así mismo Bachelard (1967) comprobó que podía mejorarse la germinación de

semillas durmientes de *Eucalyptus delegatensis*, *E. fastigata* y *E. regnans* tratándolas con ácido giberélico (AG).

Groot & Karssen (1987), determinó que en todos los trabajos en los que se utiliza AG<sub>3</sub> como tratamiento pre germinativo para eliminar la latencia fisiológica, aumenta el porcentaje de germinación y acelera la misma. La respuesta al tratamiento puede variar dependiendo del tipo de semilla, concentración y tiempo de exposición (Ávila 2005).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican, que a medida que se incrementó la concentración de Ácido Giberélico (AG<sub>3</sub>) en el tratamiento de las semillas, se incrementó también el porcentaje de semillas germinadas y viceversa, al cabo de 2 meses que duró el proceso de germinación en sustrato de arena de río desinfectada.

Según la prueba estadística aplicada a los tratamientos se puede determinar, que desde el punto de vista económico y práctico, para la propagación sexual de teca (*Tectona grandis* L.f.), el tratamiento T<sub>1</sub>: remojo en agua pura durante 24 h, es el más recomendable, por ser igual estadísticamente con los demás tratamientos y el más económico; esto coincide con lo determinado por Rajput & Tiwari (2001), quienes consideran que el fruto de teca no tiene reposo físico porque el endocarpo que posee, no es una estructura totalmente impermeable al agua y que un periodo de imbibición de 24 horas en agua es suficiente para promover la germinación, pero el tiempo de germinación es más prolongado, comparado a la germinación de semillas tratadas con ácido giberélico, que acelera el proceso.

## 4.2. Energía germinativa y valor de germinación de semillas de *Tectona grandis* L.f.

Cuadro 4. Energía germinativa y valor de germinación

Tratamiento	Germinación (%)	Energía germinativa			Valor de germinación			
		7 días (%)	14 días (%)	50 días (%)	TMG	GDPA	VM	VG
T1	40.00	0.00	0.00	51	51	0.71	0.71	0.50
T2	37.33	0.00	3.33	26	27	1.07	1.07	1.14
T3	42.00	0.67	23.33	18	17	1.68	1.68	2.82
T4	55.33	1.33	26.67	17	17	2.13	2.13	4.54
T5	9.33	0.00	2.67	25	26	0.28	0.28	0.08

Donde:

- TMG : Tiempo medio de germinación  
 GDPA : Germinación diaria promedio acumulado  
 VM : Valor máximo  
 VG : Valor de germinación

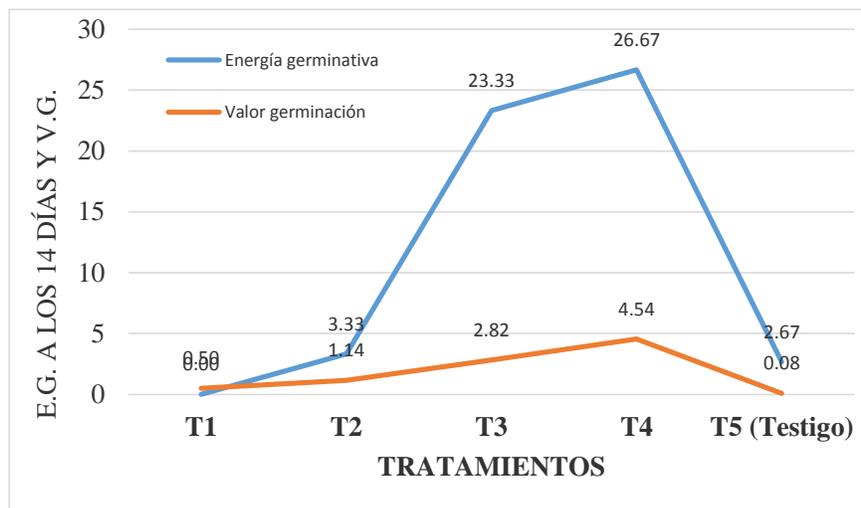


Figura 3: Energía germinativa y valor de germinación de *Tectona grandis* L.f. a los 14 días

En el cuadro 4 y figura 3 y empleando el método de la “tasa de germinación” analizando la energía germinativa a los 14 días, se observa, que el tratamiento con mayor energía germinativa es el T<sub>4</sub> (inmersión en concentración de 2000 ppm/l/24 h), con un 26.67 % y considerando la germinación del 50 %, se observa, que necesita 17 días, seguido del tratamiento T<sub>3</sub> (inmersión en concentración de 1000 ppm/l/24 h), con un 23.33 % de energía germinativa a los 14 días, y considerando la germinación del 50% necesita 18 días. Mejorando el tiempo de germinación que según Mathew & Vasudeva (2003), indican que la germinación inicial de semillas de teca, es a los 21 días. Por lo que se puede decir que al realizar el tratamiento mecánico a las semillas y luego sumergirlas en el Ácido giberélico tiene influencia sobre la energía germinativa que es una medida de la velocidad de la germinación, y por ello equivale al vigor de la semilla, es decir que probablemente sólo las semillas que germinan con rapidez y vigor en las condiciones de favorables del vivero serán capaces de producir plántulas vigorosas en las condiciones que existen sobre el terreno, donde una germinación débil o retrasada suele tener consecuencias fatales.

De Atrip & O'Reilly (2007) han determinado, que aplicar la estratificación junto con el ácido giberélico, se mejora el porcentaje de germinación y reduce el tiempo medio de germinación.

Con respecto al valor de germinación, en el cuadro 5 y figura 3, se observa que el tratamiento que tiene mayor valor de germinación es el

T<sub>4</sub>: inmersión a una concentración de 2000 ppm de AG<sub>3</sub> por 24 h, con 4.54, seguido por el T<sub>3</sub>: inmersión a una concentración de 1000 ppm de AG<sub>3</sub> por 24 h, con 2.82, los cuales representan sobre la calidad de semillas de *Tectona grandis* L.f.

#### 4.3. Energía germinativa 50% de germinación (7 días) para cada tratamiento de *Tectona grandis* L.f.

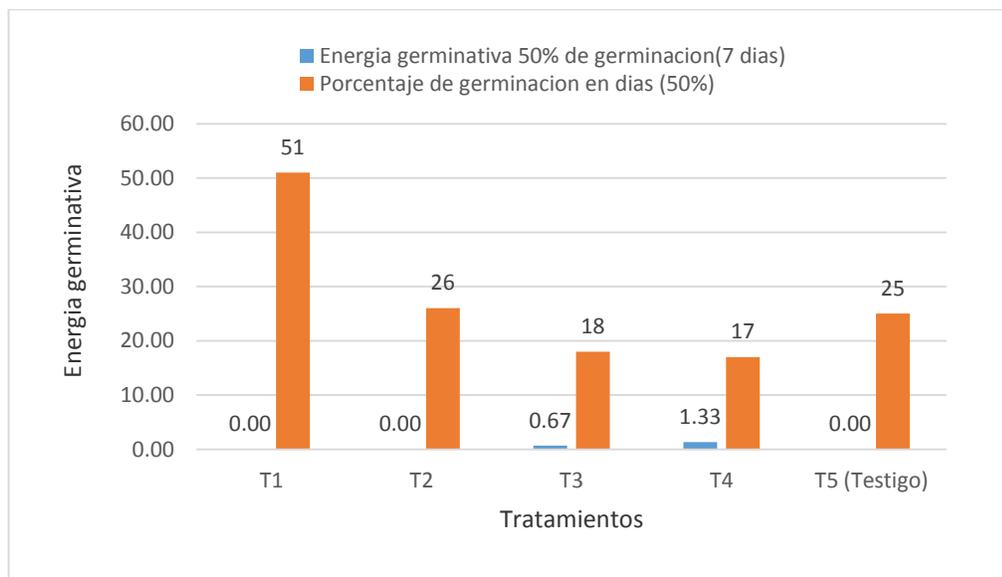


Figura 4: Energía germinativa 50 % de germinación (7 días) de *Tectona grandis* L.f.

En la Figura 4, empleando el método de la “tasa de germinación”, analizando la energía germinativa a los 7 días, se observa, que el tratamiento que tiene mejor energía germinativa es el tratamiento T<sub>4</sub> (inmersión en concentración de 2000 ppm/l/24 h), con un 1.33 %, seguido por el T<sub>3</sub> (inmersión en concentración de 1000 ppm/l/24 h), con un 0.67 % de energía germinativa. Mathew & Vasudeva (2003). Determina una energía germinativa similar a las de esta investigación.

#### 4.4. Energía germinativa 50% de germinación (14 días) para cada tratamiento de *Tectona grandis* L.f.

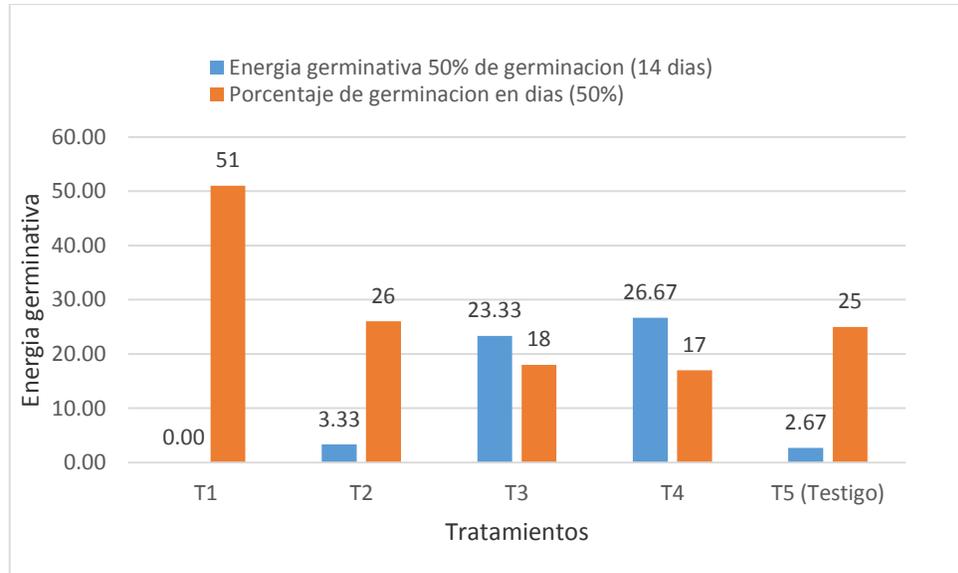


Figura 5: Energía germinativa 50% de germinación (14 días) de *Tectona grandis* L.f.

En la figura 5 y empleando el método de la “tasa de germinación” analizando la energía germinativa a los 14 días, se observa que el tratamiento que tiene mejor energía germinativa es el tratamiento T<sub>4</sub> (inmersión en concentración de 2000 ppm/l/24 h), con un 26.67 % y considerando la germinación del 50 % se observa que necesita 17 días, seguido del tratamiento T<sub>3</sub> (inmersión en concentración de 1000 ppm/l/24 h), con un 23.33 % de energía germinativa a los 14 días, y considerando la germinación del 50% vemos que necesita 18 días. Mejorando el tiempo de germinación que según Mathew & Vasudeva (2003), indican que la germinación inicial de la teca es a los 21 días.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

El mayor porcentaje de germinación de semillas de *Tectona grandis* L.f, fue obtenida mediante la inmersión en AG<sub>3</sub> a una concentración de 2000 ppm de por 24 h (T<sub>4</sub>), con un 48.07 % a los 26 días de evaluación y un valor de germinación de 4.54.

La mayor energía germinativa de las semillas de *Tectona grandis* L.f. fue obtenida con el tratamiento T<sub>4</sub> (inmersión de las semillas en AG<sub>3</sub> a 2000 ppm/l/24 h), con un 26.67 % a los 14 días.

La semilla de *Tectona grandis* L.f. usada en el presente trabajo, mostró un 45.24 % de pureza varietal, un contenido de humedad de 6.72 %; y viabilidad del 67 %.

El tratamiento de la semilla *Tectona grandis* L.f. con ácido giberélico AG<sub>3</sub> a diferentes concentraciones, tuvo influencia sobre el tiempo de germinación, respecto al testigo.

### 5.2. Recomendaciones

Realizar trabajos de investigación exponiendo a las semillas de *Tectona grandis* L.f. a mayor tiempo de remojo con aplicación del ácido giberélico a 2000 ppm, para maximizar la eficiencia de esta hormona.

Se recomienda eliminar las plántulas germinadas con un retraso excesivo, porque sucumben en el repique.

En posteriores investigaciones se recomienda realizar el control de los factores externos como: Humedad relativa, temperatura y posibles agentes patógenos, que tengan influencia en los resultados.

## VI. LITERATURA CITADA

Ávila León F.J. 2005. Efecto del ácido giberélico y agua a 4° C en la germinación de las semillas de guanaba (*Annona muricata* L.). Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala. USAC. s.p.

Arthur Cronquist (1981,1993), Clasificación taxonómica de *Tectona Grandis* Lf.

Bachelard 1967. Ensayos sobre métodos de recolección y transporte de frutos y semillas forestales. In: Memorias Seminario Taller sobre Investigación en Semillas Forestales. Edición revista Triviño, T. y Jara, L.F. CONIF. Colombia (18): 91 - 94

Betancorut. 1987. Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. Descripción de las especies, su propagación y establecimiento – Teca – Melina – Pochote – Manejo y aprovechamiento. CATIE, Costa Rics. 44 p.

Betancourt Barroso, A. 1987. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica. 427 p.

Bidwell, R. 1993. Fisiología vegetal. Trad. Por Guadalupe Gerónimo Cano. Editor. México D.F., A.G.T. 784 p.

Boland y otros 1980. Árbol plus, Consideraciones básicas para selección de árboles plus.

Boss Zois. 2015. Micropropagacion de la teca (*Tectona grandis* L.F.). Revista Forestal Centroamericana. 35: 25 – 28.

Corner 1976. Semilla certificada, Beneficios de la semilla Certificada.

Cornú, J. 2014. Tratamientos pregerminativos en semillas de *Juglans pyriformis* Liebmann procedentes de Coacoatzintla, Veracruz. Tesis Mtblg. Xalapa, Veracruz. 44 p.

De Atrip N. & O'Reilly C. 2007. Germination response of alder and birch seeds to applied gibberellic acid and priming treatments in combination with chilling. *Annals of Forest Science* 64:385-394.

Delvin, R. 1980. Fisiología vegetal (En inglés). Trad. por Xavier Limona. España, Omega. 471 – 488.

García, G. 1989. Respuesta de la semilla de tres especies forestales (*Abies guatemalensis* Rehder, *Tectona grandis* Linneo y *Juglans guatemalensis* Manning). Tesis Ing. Agr. Guatemala. USAC. 49 p.

Groot, S. & Karssen, C. 1987. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: a study with gibberellin-deficient mutants. *Planta* 171:525-531.

Hartman, H; Kester, D. 1987. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. 1 edic. Edit. Continental S.A de C.V. México. 176 p.

Hartmann, H. & Kester, D. 1982. Propagación de plantas; principios y prácticas. Trad. Por Antonio Marino Ambrosio. México, CECSA. 124 – 215.

ISTA. 2007. International Rules for Seed Testing Rules 2007. Zurich, Switzerland. v. 24. 335 p.

Jayasankar *et al.* 1999. Dormición de semillas: causas y tratamientos. D.F., México. Editorial Trillas. 125 p.

Loján, L. 2003. Los bosques nativos andinos son importantes para la estabilidad ambiental y la supervivencia del hombre. s.p.

Mathew & Vasudeva 2003. Clonal variation for seed germination in teak (*Tectona grandis* Linn. f). Current Science. 84: 1133 – 1136.

Miller, E. 1981. Fisiología vegetal. Trad. Por Francisco La Torre. México, UTEHA. 245 – 248.

Monteuuis, O; Bon, M; Goh, D. 1998. Propagación de *Tectona grandis* L.f. in vitro en bsques tropicales.

Monteuuis, O; Goh,D. 1999. Uso de clones en bosque s tropicales de *Tectona grandis* L.f.

Padilla, F. 1977. Análisis de germinación de teca (*Tectona grandis* L.) especie con grandes posibilidades de reforestación en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 69 p.

Palanisamy, K; Subramanian, K. 2001. Propagación vegetativa de *Tectona grandis* L.f.

Palupi, E; Owens, J.997. Polinización, Fertilización de *Tectona grandis* L.f.

Peter. 1993. Crecimiento y propiedades físico-mecánicas de la madera de teca (*Tectona grandis*) de 17 años de edad en San Joaquín de Abangares, Costo Rica. Agronomía Costarricense. 24: 7 – 23.

Rachmawati, H.; Iriantono, D.; Hansen, C. 2002. Seed leaflet N° 61. *Tectona grandis* L.f. DANIDA. Forest Seed Centre, Humleback, Dinamarca. s.p.

Rajput, A. & Tiwari, K. 2001. Effect of alternate chilling/heating on germination of fresh teak (*Tectona grandis* L.f.) drupes, without scarification of felty mesocarp. Seed Science and Technology 29: 57 – 64.

Rodríguez (s.f). Tratamientos pregerminativos para algunas especies forestales nativas de la Región Huetar Norte de Costa Rica. 6 p.

Rojas, S.; García, J.; Alarcón, M. 2004. Propagación asexual de plantas (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 17 oct. 2013. Disponible en <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Propagacinasexualdeplantas.pdf>.

Tiwari, C; Sharma, S; Verma, R. 2004. Efecto del fungicida en la germinación de *Tectona grandis* L.f.

Tomás D. 1981. Estado de humedad de la semilla y eficacia del ácido giberélico (GA3) en la germinación de *Juglans regia* L. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA). Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid, España. 7 - 14.

Trujillo. 1996. Propagación por semilla de la Teca (*Tectona grandis* L.f.). Proyecto “Desarrollo de un paquete tecnológico para la producción y certificación de material forestal reproductivo de teca (*Tectona grandis* L.f.) para la Costa Atlántica. Colombiana. 32 p.

Vásquez et al, C.; Orozco, A.; Rojas, M.; Sánchez, E.; Cervantes, V. 1997. La reproducción de plantas: semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica, México. 159 -162 p.

Walker 2007. Utilidad de *Tectona grandis* L.f.

Weaver, P.L 2000. *Tectona grandis* L.F. Teca. Producción de semillas y su diseminación. (En línea, U.S.A. Consultado el 28 de ago. del 2007. Disponible en: <http://www.fs.fed.us/globaliitf/Tectonagrandis.pdf>).

Weaver, R. 1982. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Trad. Por Agustín Contín. México, Trillas. 173 – 204.

Wotowiec.1983. Tratamientos sencillos para semillas forestales en viveros en Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal/CATIE. 10 p.

Yadav, J. 1992. Pre-treatment of teak seed to enhance germination. Indian Forester. 118: 260 – 264.

**ANEXO**

## Anexo 1. Constancia de determinación botánica



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo .203 /244, APDO. 12 - 056 LA MOLINA LIMA PERU



### CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud del señor **Alexander J. Ahumada Rondón**, ex alumno de la Universidad Nacional de Cajamarca- Sede Jaén, se proporciona la identidad del espécimen indicado, el cual se halla depositado en el Herbario Forestal (MOL).

Zona de colección : Jaén, zona urbana  
Provincia : Jaén  
Departamento : Cajamarca  
Colector : Alexander J. Ahumada

Nº COL	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
02-AAR	Tectona grandis L. f.	Teca	VERBENACEAE



Determinador :

**Carlos Reynel Rodríguez Ph. D.**  
Profesor Principal Dpto. Manejo Forestal  
Director del Laboratorio de Dendrología  
y Herbario Forestal UNALM (MOL)

La Molina, 26 de mayo 2016

\* ROGAMOS A LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS DEL HERBARIO FORESTAL (MOL) TENER ESPECIAL CUIDADO EN TRANSCRIBIR CORRECTAMENTE LOS NOMBRES PROPORCIONADOS

Anexo 2. Análisis físico de las semillas de *Tectona grandis* L.f

Parámetros analizados					
PG (%)	Pureza (%)	Contenido de Humedad (%)	Nº. de Semillas/K.	Peso de 1000 semillas en gramos	Viabilidad (%)
43.67	45.24	6.72	2564	0.39	67.00

Anexo 3. Evaluación de la germinación diaria de las semillas de *Tectona grandis*  
L.f. tratamiento T<sub>1</sub>

Nº Días	T1= agua pura/24 horas				% Germinación diaria
	R1	R2	R3	Promedio	
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					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46	1	3	2	2.00	4.00
47	3	2	1	2.00	4.00
48	2	3	0	1.67	3.33
49	1	2	2	1.67	3.33
50	3	1	0	1.33	2.67
51	2	4	1	2.33	4.67
52	3	3	1	2.33	4.67
53	4	2	2	2.67	5.33
54	0	2	1	1.00	2.00
55	1	3	1	1.67	3.33
56	1	2	1	1.33	2.67
TOTAL	21	27	12	20.00	40.00

Anexo 4. Evaluación de la germinación diaria de las semillas de *Tectona grandis*

L.f. tratamiento T<sub>2</sub>

T2= 500 ppm/l /24h					
N° Días	R1	R2	R3	Promedio	% Germinación diaria
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19	1	2	1	1.33	2.67
20	1	1	2	1.33	2.67
21	2	2	1	1.67	3.33
22	1	3	1	1.67	3.33
23	0	1	1	0.67	1.33
24	1	1	0	0.67	1.33
25	1	3	0	1.33	2.67
26	0	1	1	0.67	1.33
27	1	2	0	1	2
28	1	0	0	0.33	0.67
29	1	2	1	1.33	2.67
30	1	1	1	1	2
31	2	1	1	1.33	2.67
32	3	0	1	1.33	2.67
33	1	1	0	0.67	1.33
34	1	2	0	1	2

35	1	2	1	1.33	2.67
TOTAL	19	25	12	18.67	37.33

Anexo 5. Evaluación de la germinación diaria de las semillas de *Tectona grandis*  
L.f. tratamiento T<sub>3</sub>

N° Días	T3= 1000 ppm/l /24h				Promedio	% Germinación diaria
	R1	R2	R3			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9	2	1	1	1.33	2.67	
10	0	2	0	0.67	1.33	
11	1	1	1	1.00	2.00	
12	1	2	2	1.67	3.33	
13	1	3	1	1.67	3.33	
14	2	1	0	1.00	2.00	
15	0	1	1	0.67	1.33	
16	1	1	0	0.67	1.33	
17	2	1	2	1.67	3.33	
18	1	1	1	1.00	2.00	
19	2	1	1	1.33	2.67	
20	2	2	1	1.67	3.33	
21	1	3	0	1.33	2.67	
22	1	1	1	1.00	2.00	
23	2	2	0	1.33	2.67	
24	1	1	1	1.00	2.00	
25	1	2	3	2.00	4.00	
TOTAL	21	26	16	21.00	42.00	

Anexo 6. Evaluación de la germinación diaria de las semillas de *Tectona grandis*

L.f. tratamiento T<sub>4</sub>

N° Días	T4=2000 ppm/l/24h				
	R1	R2	R3	Promedio	% Germinación diaria
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8	1	2	1	1.33	2.67
9	2	1	1	1.33	2.67
10	2	3	2	2.33	4.67
11	1	1	1	1.00	2.00
12	1	2	2	1.67	3.33
13	2	2	1	1.67	3.33
14	1	1	1	1.00	2.00
15	1	0	2	1.00	2.00
16	2	1	2	1.67	3.33
17	2	1	0	1.00	2.00
18	0	3	1	1.33	2.67
19	1	1	1	1.00	2.00
20	2	2	2	2.00	4.00
21	1	1	1	1.00	2.00
22	0	1	1	0.67	1.33
23	1	2	3	2.00	4.00
24	3	3	2	2.67	5.33
25	1	1	2	1.33	2.67
26	1	2	2	1.67	3.33
TOTAL	25	30	28	27.67	55.33

Anexo 7. Evaluación de la germinación diaria de las semillas de Tectona grandis  
L.f. tratamiento T5

Testigo					
N° Días	R1	R2	R3	Promedio	% Germinación diaria
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21	1	0	0	0.33	0.67
22	0	1	0	0.33	0.67
23	0	1	1	0.67	1.33
24	1	1	0	0.67	1.33
25	0	0	1	0.33	0.67
26	0	1	0	0.33	0.67
27	0	0	1	0.33	0.67
28	1	0	0	0.33	0.67
29	0	1	0	0.33	0.67
30	0	0	0	0	0
31	0	1	1	0.67	1.33
32	0	0	0	0	0
33	0	1	0	0.33	0.67
TOTAL	3	7	4	4.67	9.33

## Anexo 8. Panel fotográfico

Foto 1. Análisis físico de semillas de *Tectona grandis* L.f. en el laboratorio (prueba de viabilidad)



Foto 2. Preparación de camas almacigueras por tratamiento.



Foto 3. Germinación de semillas de *Tectona grandis* L.f. por tratamiento



## Cálculos para la germinación

### T1: agua pura/24h

Días desde la siembra	Promedio de semillas germinadas/día	% germinación diario	% germinación acumulado	Germinación diaria promedio acumulada
46	4.00	4.00	4.00	0.09
47	4.00	4.00	8.00	0.17
48	3.33	3.33	11.33	0.24
49	3.33	3.33	14.66	0.30
50	2.67	2.67	17.33	0.35
51	4.67	4.67	22.00	0.43
52	4.67	4.67	26.67	0.51
53	5.33	5.33	32.00	0.60
54	2.00	2.00	34.00	0.63
55	3.33	3.33	37.33	0.68
56	2.67	2.67	40.00	0.71
Total	40.00	40.00		

VM

## Cálculos de la energía germinativa

- 1) Germinación rápida 7 días: 0%
- 2) Germinación rápida 14 días: 0%
- 3) N° de días para que germine el 50% : 51 días
- 4) Tiempo Medio de Germinación (TMG):  

$$TMG = \frac{(46 \cdot 4 + 47 \cdot 4 + 48 \cdot 3.33 + 49 \cdot 3.33 + 50 \cdot 2.67 + 51 \cdot 4.67 + 52 \cdot 4.67 + 53 \cdot 5.33 + 54 \cdot 2 + 55)}{51}$$
 días
- 5) Valor máximo de Czabator (VG):  
 El máximo valor de la germinación diaria promedio acumulada: 0.71
- 6) Valor de Germinación (VG):  

$$VG = VM \times GDPA$$
 GDPA es germinación diaria promedio acumulada  

$$VG = 0.51$$

### T2: 500 ppm/24h

Días desde la siembra	Promedio de semillas germinadas/día	% germinación diario	% germinación acumulado	Germinación diaria promedio acumulada
19	2.67	2.67	2.67	0.14
20	2.67	2.67	5.33	0.27
21	3.33	3.33	8.67	0.41
22	3.33	3.33	12.00	0.55
23	1.33	1.33	13.33	0.58
24	1.33	1.33	14.67	0.61
25	2.67	2.67	17.33	0.69
26	1.33	1.33	18.67	0.72
27	2.00	2.00	20.67	0.77
28	0.67	0.67	21.33	0.76
29	2.67	2.67	24.00	0.83
30	2.00	2.00	26.00	0.87
31	2.67	2.67	28.67	0.92
32	2.67	2.67	31.33	0.98
33	1.33	1.33	32.67	0.99
34	2.00	2.00	34.67	1.02
35	2.67	2.67	37.33	1.07
Total	37.33	37.33		

VM

### Cálculos de la energía germinativa

1) Germinación rápida 7 días: 0%

2) Germinación rápida 14 días: 3.33%

3) N° de días para que germine el 50% : 26 días

4) Tiempo Medio de Germinación (TMG):

$$TMG = \frac{(19 \cdot 2.67 + 20 \cdot 2.67 + 21 \cdot 3.33 + 22 \cdot 3.33 + 23 \cdot 1.33 + 24 \cdot 1.33)}{27} \text{ días}$$

5) Valor máximo de Czabator (VG):

El máximo valor de la germinación diaria promedio acumulada:

1.07

6) Valor de Germinación (VG):

$$VG = VM \times GDPA$$

GDPA es germinación diaria promedio acumulada

$$VG = 1.14$$

### T3: 1000 ppm/24h

Días desde la siembra	Promedio de semillas germinadas/día	% germinación diario	% germinación acumulado	Germinación diaria promedio acumulada
9	2.67	2.67	2.67	0.30
10	1.33	1.33	4.00	0.40
11	2.00	2.00	6.00	0.55
12	3.33	3.33	9.33	0.78
13	3.33	3.33	12.67	0.97
14	2.00	2.00	14.67	1.05
15	1.33	1.33	16.00	1.07
16	1.33	1.33	17.33	1.08
17	3.33	3.33	20.67	1.22
18	2.00	2.00	22.67	1.26
19	2.67	2.67	25.33	1.33
20	3.33	3.33	28.67	1.43
21	2.67	2.67	31.33	1.49
22	2.00	2.00	33.33	1.52
23	2.67	2.67	36.00	1.57
24	2.00	2.00	38.00	1.58
25	4.00	4.00	42.00	1.68
Total	42.00	42.00		

VM

### Cálculos de la energía germinativa

1) Germinación rápida 7 días:

0.67%

2) Germinación rápida 14 días:

23.33%

3) N° de días para que germine el 50% :

18 días

4) Tiempo Medio de Germinación (TMG):

$$\text{TMG} = \frac{(9 \cdot 2.67 + 10 \cdot 21.33 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 3.33 + 13 \cdot 3.33 + 14 \cdot 2 + 15 \cdot 1.33)}{17} \text{ días}$$

5) Valor máximo de Czabator (VG):

El máximo valor de la germinación diaria promedio acumulada:

1.68

6) Valor de Germinación (VG):

$$\text{VG} = \text{VM} \times \text{GDPA}$$

GDPA es germinación diaria promedio acumulada

$$\text{VG} = 2.82$$

#### T4: 2000 ppm/24h

Días desde la siembra	Promedio de semillas germinadas/día	% germinación diario	% germinación acumulado	Germinación diaria promedio acumulada
8	2.67	2.67	2.67	0.33
9	2.67	2.67	5.33	0.59
10	4.67	4.67	10.00	1.00
11	2.00	2.00	12.00	1.09
12	3.33	3.33	15.33	1.28
13	3.33	3.33	18.67	1.44
14	2.00	2.00	20.67	1.48
15	2.00	2.00	22.67	1.51
16	3.33	3.33	26.00	1.63
17	2.00	2.00	28.00	1.65
18	2.67	2.67	30.67	1.70
19	2.00	2.00	32.67	1.72
20	4.00	4.00	36.67	1.83
21	2.00	2.00	38.67	1.84
22	1.33	1.33	40.00	1.82
23	4.00	4.00	44.00	1.91
24	5.33	5.33	49.33	2.06
25	2.67	2.67	52.00	2.08
26	3.33	3.33	55.33	2.13
Total	55.33	55.33		

VM

#### Cálculos de la energía germinativa

1) Germinación rápida 7 días:

1.33%

2) Germinación rápida 14 días:

26.67%

3) N° de días para que germine el 50% :

17 días

4) Tiempo Medio de Germinación (TMG):

$$\text{TMG} = \frac{(9 \cdot 2.67 + 10 \cdot 21.33 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 3.33 + 13 \cdot 3.33 + 14 \cdot 2 + 15 \cdot 1.33)}{55.33} = 17 \text{ días}$$

5) Valor máximo de Czabator (VG):

El máximo valor de la germinación diaria promedio acumulada:

2.13

6) Valor de Germinación (VG):

$$VG = VM \times GDPA$$

GDPA es germinación diaria promedio acumulada

$$VG = 4.53$$

### T5: 0.00 ppm (testigo) siembra directa

Días desde la siembra	Promedio de semillas germinadas/día	% germinación diario	% germinación acumulado	Germinación diaria promedio acumulada
21	0.67	0.67	0.67	0.03
22	0.67	0.67	1.33	0.06
23	1.33	1.33	2.67	0.12
24	1.33	1.33	4.00	0.17
25	0.67	0.67	4.67	0.19
26	0.67	0.67	5.33	0.21
27	0.67	0.67	6.00	0.22
28	0.67	0.67	6.67	0.24
29	0.67	0.67	7.33	0.25
30	0.00	0.00	7.33	0.24
31	1.33	1.33	8.67	0.28
32	0.00	0.00	8.67	0.27
33	0.67	0.67	9.33	0.28
Total	9.33	9.33		

VM

### Cálculos de la energía germinativa

1) Germinación rápida 7 días:

0.00%

2) Germinación rápida 14 días:

2.67%

3) N° de días para que germine el 50% :

25 días

4) Tiempo Medio de Germinación (TMG):

$$TMG = \frac{(21 \times 0.67 + 22 \times 0.67 + 23 \times 1.33 + 24 \times 1.33 + 25 \times 0.67 + 26 \times 0.67)}{26} \text{ días}$$

5) Valor máximo de Czabator (VG):

El máximo valor de la germinación diaria promedio acumulada:

0.28

6) Valor de Germinación (VG):

$$VG = VM \times GDPA$$

GDPA es germinación diaria promedio acumulada

$$VG = 0.08$$