



CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE
HUMEDAD PARA LA GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE
GUAYACÁN ROSADO (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.)**

AUTORES:

MARÍA JOSÉ CEDEÑO DUPLAÁ

JAVIER DAVID PALMA VERA

TUTOR:

DR. C. BYRON ZEVALLOS BRAVO.

CALCETA, JULIO 2016

DERECHOS DE AUTORÍA

María José Cedeño Duplaá y Javier David Palma Vera, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....
María José Cedeño Duplaá

.....
Javier David Palma Vera

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Byron E. Zevallos Bravo. certifica haber tutelado la tesis **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE GUAYACÁN ROSADO** (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.) que ha sido desarrollada por **María José Cedeño Duplaá y Javier David Palma Vera**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
DR. C. BYRON ZEVALLOS BRAVO.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis, **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE GUAYACÁN ROSADO** (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.), que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **Cedeño Duplaá María José y Palma Vera Javier David**, previa la obtención del título de Ingeniero en **Medio Ambiente**, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. JULIO A. LOUREIRO SALABARRÍA, M.SC

MIEMBRO

.....
ING. MARÍA M. DELGADO DEMERA, .SC

MIEMBRO

.....
ING. CARLOS F. SOLÓRZANO SOLÓRZANO, M.PA.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

Me gustaría agradecerle a ti Dios, por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado

A mi director de tesis, DR. C. Byron Zevallos B por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A mis padres y hermana, quienes diariamente se esforzaron por apoyarme moral y económicamente, para que sea un profesional capaz e íntegro.

A mi esposo Emilio Zambrano, que de una u otra forma me ha ayudado en la parte moral y física. También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional, todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida universitaria a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones. Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga

.....
María José Cedeño Duplaa

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A ti Dios, por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad esta meta en mi vida

Al, DR. C. Byron Zevallos tutor de esta tesis por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

A mi familia, quienes diariamente se esforzaron por apoyarme moral y económicamente, para que realice mis estudios.

Me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida universitaria a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, y ánimo en todos los momentos que más necesite, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para todos ellos: Gracias totales y que Dios los bendiga

.....
Javier David Palma Vera

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a:

A ti DIOS, que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

Con mucho cariño a mis padres, que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor. Y no me puedo ir sin antes decirles, que sin ustedes a mi lado no lo hubiera logrado, tantas desveladas sirvieron de algo y aquí está el fruto.

Los quiero con todo mi corazón y este trabajo que me llevó un año hacerlo es para ustedes, por ser la primera hija aquí esta lo que ustedes me brindaron, solamente les estoy devolviendo lo que ustedes me dieron en un principio.

.....

María José Cedeño Duplaa.

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor, cariño y fuerzas de mi alma a:

A DIOS, que me bendice día a día para seguir mis metas y cumplir mis sueños.

Se la dedico a mi mamá **Yamile Vera Morante**, quien fue mi motor y pilar fundamental moral y económicamente en toda mi formación estudiantil Te amo y Gracias eternamente.

Con mucho amor y nostalgia al no tenerlo aquí en este mundo, a mi tío **Alberto Palma Zapata**, quien me acompañó por primera vez a esta universidad y ciudad, fue quien me dejó encaminado y no poder tenerlo para decirle, aquí está la meta cumplida.

A mi familia y amistades que me ayudaron a conseguir esta meta.

.....

Javier David Palma Vera

CONTENIDO GENERAL

| | |
|---|------|
| DERECHOS DE AUTORÍA..... | II |
| CERTIFICACIÓN DE TUTOR..... | III |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL..... | IV |
| AGRADECIMIENTO | V |
| AGRADECIMIENTO | VI |
| DEDICATORIA | VII |
| DEDICATORIA | VIII |
| CONTENIDO GENERAL | IX |
| CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS..... | XIII |
| CONTENIDO DE ECUACIONES | XIII |
| CONTENIDO DE GRÁFICOS..... | XIII |
| RESUMEN..... | XIV |
| ABSTRACT..... | XV |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.3 OBJETIVOS | 4 |
| 1.3.1 OBJETIVO GENERAL | 4 |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO | 4 |
| 1.4 HIPÓTESIS, PREMISAS O IDEAS A DEFENDER..... | 4 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1 GUAYACÁN ROSADO..... | 5 |
| 2.1.1 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA | 5 |
| 2.1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA..... | 5 |
| 2.1.3 FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN..... | 6 |
| 2.4.1 CONTROL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | 8 |

| | |
|--|----|
| 2.4.2 RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SEMILLA Y LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA..... | 8 |
| 2.5 LA RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SEMILLA Y LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE | 12 |
| 2.6 HUMEDAD DE LAS SEMILLAS Y PRINCIPIOS DE SECADO | 14 |
| 2.6.1 PRINCIPIOS DE SECADO DE SEMILLAS | 14 |
| 2.6.2 SECADO DE LAS SEMILLAS..... | 15 |
| 2.6.3 SECADO DE SEMILLAS ORTODOXAS | 16 |
| 2.6.4 ALMACENAMIENTO EN SECO CON CONTROL DEL CH Y DE LA TEMPERATURA..... | 17 |
| 2.7 TIPO DE SECADO | 18 |
| 2.7.1 SECADO MEDIANTE EL GEL DE SÍLICE | 19 |
| 2.7.2 SECADO MEDIANTE EL CLORURO DE CALCIO | 21 |
| 2.7.3 SECADO BAJO LA SOMBRA..... | 22 |
| 2.7.4 SECADO QUÍMICO - DISECANTES Y SECADORES POR DESORCIÓN..... | 24 |
| 2.7.5 SECADO AL HORNO | 24 |
| 2.8 RESPUESTA A LA DESECACIÓN Y A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO DEL GERMOPLASMA | 25 |
| 2.9 CONCENTRACIÓN DE HUMEDAD | 25 |
| 2.10 CURVAS DE HUMEDAD | 28 |
| 2.10.1... CONTENIDO DE HUMEDAD EN EQUILIBRIO E ISOTERMAS DE HUMEDAD | 28 |
| 2.11 ASPECTOS IMPORTANTES EN EL PROCESO DE GERMINACIÓN | 28 |
| 2.11.1 LATENCIA DE LAS SEMILLAS | 29 |
| 2.11.2 PRUEBA ESTÁNDAR DE GERMINACIÓN..... | 29 |
| 2.11.3 GERMINACIÓN DE LA SEMILLA | 30 |
| 2.11.4 REQUERIMIENTOS GENERALES PARA LA GERMINACIÓN..... | 31 |
| 2.11.5 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SEMILLAS..... | 36 |
| 2.12 ENSAYOS DE GERMINACIÓN..... | 37 |
| 2.13 EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN | 38 |

| | | |
|--|---|----|
| 2.13.1..... | ENERGÍA DE GERMINACIÓN | 39 |
| 2.13.2..... | VALOR DE GERMINACIÓN | 39 |
| 2.14 | MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD | 40 |
| CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO..... | | 43 |
| 3.1 | UBICACIÓN | 43 |
| 3.2 | DURACIÓN DEL TRABAJO | 43 |
| 3.3 | FACTORES EN ESTUDIO | 44 |
| 3.4 | TRATAMIENTOS: | 44 |
| 3.5 | DISEÑO EXPERIMENTAL | 45 |
| 3.6 | UNIDAD EXPERIMENTAL | 47 |
| 3.7 | VARIABLES A MEDIR..... | 47 |
| 3.8 | MÉTODOS..... | 47 |
| 3.9 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 47 |
| 3.10 | PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN | 48 |
| 3.10.1 | FASE 1. ESTABLECIMIENTO DEL MÉTODO ADECUADO DE SECADO DE SEMILLA..... | 48 |
| 3.10.1.1 | COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE SECADOS..... | 48 |
| 3.10.1.2 | VARIABLES A MEDIR EN CADA UNA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SECADO..... | 48 |
| 3.10.2 | FASE 2. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD..... | 50 |
| 3.10.2.1 | MÉTODO DE TEMPERATURA ALTA CONSTANTE..... | 50 |
| 3.10.2.2 | MEDIDORES RÁPIDOS DE HUMEDAD | 51 |
| 3.10.3 | FASE 3. MEDICIÓN DE LAS CURVAS DE NIVEL DE PÉRDIDA DE HUMEDAD..... | 51 |
| 3.10.3.1 | CURVAS DE NIVEL DE PERDIDA DE HUMEDAD | 52 |
| 4CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 53 |
| 4.1 | ESTABLECIMIENTO DEL MÉTODO ADECUADO DE SECADO DE SEMILLAS DE GUAYACÁN ROSADO PARA SU GERMINACIÓN..... | 53 |
| 4.1.1 | PORCENTAJE DE GERMINACIÓN | 54 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1.2 | DÍAS A LA GERMINACIÓN..... | 54 |
| 4.1.3 | PORCENTAJE DE EMERGENCIA DE PLANTULA..... | 56 |
| 4.1.4 | DÍAS A LA EMERGENCIA DE PLANTULA | 56 |
| 4.2 | ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SEMILLAS DE GUAYACÁN ROSADO QUE PERMITA SU GERMINACION..... | 59 |
| 4.3 | MEDICIÓN DE LAS CURVAS DE NIVEL DE PERDIDA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACION DE LAS SEMILLAS DE GUAYACÁN ROSADO..... | 60 |
| | CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 62 |
| 5.1 | CONCLUSIONES..... | 62 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 62 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 63 |

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Cuadro 2.1. | Porcentaje de germinación..... | 36 |
| Cuadro 2.2. | Tolerancias aprobadas para los ensayos de humedad en las semillas arbóreas..... | 38 |
| Cuadro 3.1. | Combinación de tratamientos para los diferentes tipos de secado..... | 44 |
| Cuadro 3.2. | Esquema de ANOVA..... | 44 |
| Cuadro 4.1. | Porcentaje de germinación y días a la germinación en la investigación: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN OPTIMA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE GUAYACÁN ROSADO (<i>TABEBUIA ROSEA</i> BERTOL A. DC.) | 51 |
| Cuadro 4.2. | Porcentaje de emergencia de la plántula y días a la emergencia de la plántula en la investigación: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN OPTIMA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE GUAYACÁN ROSADO (<i>TABEBUIA ROSEA</i> BERTOL A. DC.) | 56 |

CONTENIDO DE ECUACIONES

| | | |
|--------------|---|----|
| Ecuación 2.1 | Contenido de humedad de la semilla con base en el peso seco..... | 10 |
| Ecuación 2.2 | Contenido de humedad de la semillas con base a el peso humedad..... | 10 |
| Ecuación 2.3 | Contenido de humedad de la semilla con base en el peso fresco..... | 24 |
| Ecuación 2.4 | Contenido de humedad de la semilla con base en el peso de la muestra..... | 24 |
| Ecuación 2.5 | Valor de germinación..... | 37 |
| Ecuación 3.1 | Contenido de humedad de la semilla con base en el peso de la muestra..... | 55 |

CONTENIDO DE GRÁFICOS

| | | |
|-------------|--|----|
| Gráfico 4.1 | Porcentaje de humedad en la investigación: DETERMINACION DE LA CONCENTRACIÓN OPTIMA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE GUAYACAN ROSADO (<i>Tabebuia rosea</i> Bertol A. DC.) | 57 |
| Gráfico 4.2 | Curvas de humedad de la investigación: DETERMINACION DE LA CONCENTRACIÓN OPTIMA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE GUAYACAN ROSADO (<i>Tabebuia rosea</i> Bertol A. DC.) | 59 |

RESUMEN

Se presenta un estudio para determinar la concentración óptima de humedad para la germinación en semillas de Guayacán Rosado (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.), se plantearon como objetivos de la investigación. Establecer el método adecuado de secado de semillas. Estimar la concentración de humedad en las semillas y las curvas de nivel de pérdida de humedad y en concordancia con esto se plantearon 3 fases investigativas.

Se establecieron 3 métodos de secado de semillas (cloruro de calcio, sílica gel y secado a la sombra) con diferentes tiempos de exposición (24h, 48h y 72h). Se concluyó que el secado a la sombra por 24 horas fue el mejor tratamiento para la semilla de esta especie basándose en el resultado de las variables establecidas para ello. Posteriormente se establecieron 2 métodos para la estimación de la concentración de humedad en la semilla: método de temperatura alta constante (ISTA 2005) y el método del medidor rápido de humedad (KETT, PM600), resultando como el método más eficiente el primero de los señalados, cabe señalar que este es un método destructivo de la semilla lo cual se debe considerar en correspondencia a la cantidad que se disponga. Finalmente se realizó las curvas de nivel de pérdida de humedad con un intervalo de lectura de 6 horas estableciéndose en 24h el tiempo que se requiere para secar de manera óptima las semillas de esta especie y que permita su germinación.

Palabras claves: Semillas de guayacán rosado, humedad óptima, secado de semillas.

ABSTRACT

We present here a study to determine the optimal moisture concentration for germination of the seeds of Guayacán Rosado (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.). The following are our research objectives: 1) Determine the optimal method for drying the seeds; 2) Estimate the moisture concentration in the seeds and create moisture loss curves. In accordance with these objectives we implemented three investigative phases.

Three methods of drying seeds (calcium chloride, silica gel, and shade drying) with different exposure times (24h, 48h and 72h) were established. It was concluded that drying in the shade for 24 hours was the best treatment for the seed of this species based on the result of the variables. Subsequently two methods for estimating the moisture concentration in the seeds were established: the constant high temperature method (ISTA, 2005) and the fast moisture meter method (Kett PM600), of which the first was most efficient. It should be noted that this is a destructive method, so the amount of seed available should be taken into account when employing it. Finally, we created moisture loss curves with an interval of 6 hours, establishing 24h as the time required for optimally drying the seed of this species and allowing its germination.

Key Words: Guayacán Rosado seeds, optimum moisture, seed drying.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las poblaciones humanas en el ámbito mundial han habitado diversos ecosistemas y utilizado sus recursos de una manera sustentable entendida como el uso de los recursos para beneficio de las generaciones presentes y futuras durante muchas generaciones, asimismo, su cultura también se ha desarrollado en relación estrecha con la naturaleza, así que ellas tienen mucho interés en conservar sus recursos porque dependen de ellos. La mayoría de estos pueblos, particularmente los indígenas, difieren de las sociedades occidentales industriales en cuanto a que poseen un amplio conocimiento de la estructura de su hábitat, así como de las relaciones que existen entre las especies de estos ecosistemas (Pérez, y Rebolgar, 2004).

Según Jaramillo (2014), el informe hecho para la FAO en el Ecuador sobre el conocimiento de los recursos genéticos forestales aún es precario e insuficiente, aunque dicho tema es de vital importancia, actualmente son escasos los estudios y las instituciones que realizan actividades para protección, conservación y uso sostenible de recursos genéticos forestales; hasta ahora apenas se conocen datos precisos de menos del 1% de especies de árboles registrados en el mundo y como respuesta, algunos países han emprendido iniciativas para conservar el patrimonio genético forestal y también para modificar las plantas para hacerlas más resistentes y garantizar su existencia.

En Ecuador hay 750 especies forestales que son aprovechadas anualmente. La lista de las más amenazadas la integran la caoba, el cedro, el guayacán, el ceibo, el Fernán Sánchez, el tangaré, chanul y además el mangle. El 70% ha desaparecido en Manabí, El Oro y Guayas (Jaramillo, 2014).

En la Provincia de Manabí no existe un banco de semillas forestales, ni se han establecido los métodos de conservación *in situ* o *ex situ* adecuados para establecer buenos desarrollos de germinación en las semillas, por lo cual la Escuela Superior Politécnica de Manabí ESPAM MFL prioriza la necesidad de crear el primer banco de semillas que se asentará en la ciudad de investigación, innovación y desarrollo agropecuario (CIIDEA).

Para cumplir ese objetivo institucional en semillas de especies importantes es transcendental determinar la concentración óptima de humedad ya que es el factor más significativo para determinar con precisión la velocidad a la cual las semillas se deterioran y poder predecir con exactitud el potencial de vida en almacenamiento que tendrá cada accesión en cuanto a su poder germinativo (Rao *et al.*, 2007).

Por lo expuesto nos permitimos formular la siguiente pregunta de investigación: **¿Cómo inciden los porcentajes de humedad para la germinación de las semillas de guayacán rosado?**

1.2 JUSTIFICACIÓN

Generalmente, cuando las semillas presentan un alto contenido en humedad (alrededor del 30%), si no muestran letargo, estas germinan rápidamente. En el rango comprendido entre el 18 y el 30 % se puede producir un "calentamiento" debido a la actividad de microorganismos en presencia de oxígeno, provocando una muerte rápida de las semillas.

La función principal de los bancos de semillas es almacenar, conservar y mantener semillas, de tal manera que las personas interesadas puedan disponer de ellas justo cuando las necesitan sin necesidad de depender del mercado convencional, además se generan vínculos importantes entre las comunidades ya que pueden conllevar a cambios socioculturales que trasciendan en la mejora de la calidad de vida de las familias, además se garantiza la disponibilidad de semilla de buena calidad.

La propuesta de investigación es importante ya que permite la determinación de las concentraciones óptimas de humedad en semillas forestales para su germinación, se lo efectúa porque en la actualidad existe una carencia de información sobre este tema de vital importancia para cumplir con lo que establece el Plan Nacional del Buen Vivir en su objetivo 7.2.b acerca de fortalecer los instrumentos de conservación y manejo *in situ* y *ex situ* de la vida silvestre, basados en principios de sostenibilidad, soberanía, responsabilidad intergeneracional y distribución equitativa de sus beneficios, por ende es fundamental la realización de la misma para asegurar la protección y custodio de las especies silvestres para evitar su desaparición, pues es importante determinar el contenido de humedad antes de almacenar las semillas para así predecir con exactitud el potencial de vida en almacenamiento de la especie, es decir si en condiciones controladas su poder de germinación sigue siendo el mismo que en el medio natural.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la concentración óptima de humedad para la germinación en semillas de Guayacán Rosado (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.).

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Establecer el método adecuado de secado de semillas de Guayacán Rosado (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.) para su germinación.
- Estimar la concentración de la humedad en semillas de Guayacán Rosado (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.) que permita su adecuada germinación.
- Medir las curvas de nivel de pérdida de humedad para la germinación de las semillas de Guayacán Rosado (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.).

1.4 HIPÓTESIS, PREMISAS O IDEAS A DEFENDER

La determinación de la concentración óptima de humedad en la semilla de Guayacán Rosado incide positivamente en su viabilidad y permite su adecuada germinación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 GUAYACÁN ROSADO

2.1.1 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

Familia. Bignoniaceae

Nombre científico: *Tabebuia rosea* Bertol A. DC.

Nombres comunes: guayacán rosado, flor morado, roble, ocobo, roble de río, roble morado, roble sabanero, guayacán morado.

2.1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Árbol de mediano a muy grande, en ecosistemas naturales puede alcanzar de 35 a 40 m de altura y 1 m o más de diámetro. En zonas urbanas no excede los 18 m de altura y los 60 cm de diámetro. El fruto es una cápsula cilíndrico-lineal, larga y angosta, de 28 a 32 cm de largo, superficie áspera, de color verde inicialmente y luego café al madurar. Realiza dehiscencia por dos suturas laterales liberando entre 115 y 165 semillas aladas.

Las semillas son comprimidas en forma de disco, de 13,9 a 15 mm de ancho, de 8,6 a 9,2 mm de largo y 1,3 mm de grosor; de color pardo claro y provista de una testa alada membranosa de color blanco, las alas tienen una longitud de 13,6 a 15,2 mm cada una. Al abrir la semilla se observa un embrión lateral, contiguo a la testa y relativamente grande (CORANTIOQUIA, 2007)

2.1.3 FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN

2.1.3.1 FLORACIÓN

Se concentra principalmente en los meses de enero a marzo alcanzando valores que van de 40 y 80% en toda la copa. Algunos árboles tienen una pequeña floración entre los meses de julio y agosto, época en la cual se presenta una disminución en las lluvias. Esta especie esta polinizada por colibríes, abejas y otros insectos (Gómez, 2010).

2.1.3.2 FRUCTIFICACIÓN

La fructificación ocurre entre febrero y marzo y entre septiembre y diciembre (Esquivel, 2009). La maduración de los frutos es muy rápida y por tanto se debe hacer un seguimiento muy detallado para definir el momento adecuado para la recolección, ya que esta hay que realizarla antes de que los frutos hagan dehiscencia y se inicie la dispersión de las semillas. El brote de hojas se presenta gradualmente y es más notorio entre mayo y julio (meses lluviosos) (CORANTIOQUIA, 2007).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE SEMILLAS – FISIOLÓGICAS

El porcentaje de germinación es un indicador de la habilidad de la semilla para emerger del suelo para producir una planta en el campo bajo condiciones normales. El vigor de la semilla es su capacidad de emerger del suelo y sobrevivir bajo condiciones de campo potencialmente estresantes y crecer rápidamente bajo condiciones favorables. La pérdida de la habilidad de una semilla para germinar es el último paso (no el primer paso) en un largo proceso de deterioro (pérdida gradual de viabilidad). Una disminución en el vigor de la semilla

y en otros cambios fisiológicos ocurre antes de la pérdida de germinación. Por lo tanto, una semilla con germinación aceptable puede ser baja en vigor. La importancia de la calidad fisiológica no debe ser subestimada. Una semilla solamente puede cumplir su papel biológico si es viable. Por lo tanto, las semillas fisiológicamente uniformes de una variedad adaptada serán inútiles si son de baja germinación y vigor, o si fallan al germinar cuando son plantadas. La diferencia entre grano y semilla es que la primera puede o no germinar, mientras que la última debe germinar. Por esto la germinación, particularmente un alto porcentaje de ella, es una especificación técnica tan importante para la semilla (FAO, 2011).

2.3 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS SEMILLAS

Como es sabido, cuando las semillas presentan un alto contenido en humedad (alrededor del 30%), si no muestran letargo, estas germinan rápidamente. En el rango comprendido entre el 18 y el 30 % se puede producir un "calentamiento" debido a la actividad de microorganismos en presencia de oxígeno, provocando una muerte rápida de las semillas. En el rango del 10 % para las semillas oleaginosas y del 13% en semillas no oleaginosas hasta el 18% los hongos de almacenamiento crecen y destruyen los embriones.

Por tanto, las semillas deben secarse tan rápido como sea posible por debajo del 10-13% de humedad y conservarse a estos niveles durante todo su almacenamiento. Sin embargo, si las semillas se secan por debajo del 4-5% de Humedad, se produce un deterioro mayor que si esta se reduce solo al 5-6% (Gálvez, 2006).

2.4.1 CONTROL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Una vez limpias y clasificadas las semillas, están ya preparadas para sembrarse en el vivero. Sin embargo, cuando se van a almacenar es necesario comprobar su contenido de humedad (CH) y, en su caso, ajustarlo al nivel óptimo para el almacenamiento en la especie de que se trate. En la instalación de procesamiento de semillas deben existir medios suficientes para determinar el CH. Cuando se trata de semillas ortodoxas que comprenden la mayoría de las coníferas y de muchas frondosas, el posible ajuste del CH significa secar más las semillas (FAO, 1991).

2.4.2 RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SEMILLA Y LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA

Como los conos y los frutos, las semillas son materiales higroscópicos y, una vez separadas del árbol padre, pierden o ganan humedad cediéndola a la atmósfera circundante o tomándola de ella hasta que su contenido de humedad (CH) alcanza un punto de equilibrio con la humedad y la temperatura del aire del entorno. Este punto se denomina contenido de humedad en equilibrio (CHE). Una vez que se alcanza, se mantendrá mientras la humedad y la temperatura del aire permanezcan constantes; si éstas cambian, las semillas volverán a perder o ganar humedad hasta alcanzar un nuevo CHE. La madera es otro buen ejemplo de material higroscópico y se comporta de una manera parecida (FAO, 1991).

La semilla “húmeda” rodeada por aire “seco” pierde humedad y por lo tanto peso, mientras que la semilla “seca” rodeada por aire “húmedo” gana ambas cosas. A fin de determinar cuáles son los métodos más

idóneos para secar y almacenar la semilla, es necesario saber cuantificar la humedad tanto del aire como de la semilla (FAO, 1991).

Humedad del aire: la humedad se encuentra en la atmósfera en forma de vapor de agua, pero el aire no puede contener más que una cantidad limitada de ese vapor. Cuando esa cantidad se supera, se dice que el aire se ha saturado, y el exceso de humedad se condensa. El peso exacto del vapor de agua (VA) que puede contener el aire en saturación depende de la temperatura. El contenido de vapor de agua presente en el aire es casi siempre inferior al nivel de saturación. Se denomina humedad relativa (HR) a la relación (por lo general expresada porcentualmente) entre la cantidad de vapor de agua efectivamente presente en la atmósfera y la cantidad que la saturaría a esa misma temperatura; dicho de otra manera, a la presión del vapor real en el aire como porcentaje de la presión del vapor en saturación a la misma temperatura. Para los que operan con semillas, la humedad relativa es la medida más importante de la humedad atmosférica, pues el contenido de humedad en equilibrio de la semilla está estrechamente correlacionado con ella (FAO, 1991).

Contenido de humedad en la semilla: la cantidad de humedad presente en la semilla suele expresarse como porcentaje de su peso. Este puede expresarse de dos maneras: a) el peso de agua expresado como porcentaje del “peso en húmedo” o “peso en fresco” de las semillas (= materia seca + agua), o b) el peso del agua expresado como porcentaje del peso final de las semillas una vez secadas en estufa (= materia seca únicamente). Una de las principales dificultades a la hora de comprender y aplicar los resultados publicados sobre el contenido de humedad se deriva del hecho de que antes se utilizaban ambos métodos, el de “peso en húmedo” y el del “peso en seco”, muchas veces sin que se indicara cuál de ellos se había aplicado en un caso concreto (FAO, 1991).

Según las Reglas de la ISTA, el contenido de humedad de la semilla debe expresarse siempre sobre la base de su peso en húmedo. A modo de orientación se ofrecen seguidamente ambas fórmulas.

ECUACIÓN 2.1 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SEMILLA CON BASE EN EL PESO SECO

$$\text{Porcentaje de contenido de humedad, peso en seco} = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso de la materia seca}} \times 100 \quad [2.1]$$

ECUACIÓN 2.2 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SEMILLAS CON BASE A EL PESO HUMEDAD

$$\text{Porcentaje de contenido de humedad, peso en húmedo} = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso del agua} + \text{peso de la materia seca}} \times 100 \quad [2.2]$$

Siempre que se hayan secado correctamente las semillas y se hayan cerrado los recipientes de una manera perfectamente hermética, un volumen de semilla relativamente pequeño se pondrá en equilibrio con un volumen mucho mayor de aire húmedo encerrado sin que ello incremente de manera significativa su propio CH.

Otros factores que afectan al CHE. La humedad relativa no es el único, aunque sí el más importante, de los factores que afectan al contenido de humedad en equilibrio de las semillas.

1) Temperatura.- tiene una importante repercusión indirecta sobre el CHE, porque, si se mantiene constante la humedad absoluta, la humedad relativa está directamente relacionada con ella. Afecta también de otra manera, pues el CHE varía ligeramente con la temperatura aun cuando la humedad relativa se mantenga constante. El efecto varía según la especie, pero se han publicado muy pocos datos sobre árboles forestales (FAO, 1991).

2) Absorción y desorción.- En todas las especies existe una diferencia del 1–2 % en el CHE en función de que una semilla húmeda esté cediendo humedad a un ambiente más seco (desorción) o una semilla seca esté tomando humedad de un ambiente más húmedo (absorción).

El CHE es siempre más alto en la desorción, y es la curva de desorción lo que hay que tener en cuenta en la situación habitual de secar semillas ortodoxas, reduciendo su CH para almacenarlas (FAO, 1991).

3) Variación del CHE según la especie.-El CH de las semillas en equilibrio con una HR y una temperatura determinadas varía según la especie. El CHE de cada especie debe determinarse mediante ensayos.

2.4.3 SEMILLAS DE GUAYACÁN

La especie se encuentra incluida en la lista de especies amenazadas de once países incluyendo a México, y en la lista de la unión internacional para la conservación de la naturaleza. El árbol pasa grandes filtros de mortalidad durante sus primeros estadios de vida. Así, del casi millón de semillas que se producen por hectárea durante un año, sólo 2% llega a germinar y producir una plántula. De éstas sólo 8% llega a sobrevivir hasta la edad de 30 años y alcanzar un tallo de un centímetro de diámetro. A partir de este tamaño el riesgo de morir por causas naturales se reduce y el árbol se puede reproducir, creciendo lentamente a una velocidad promedio de 1.8 mm al año. A esa velocidad, un guayacán de 70 cm de diámetro tiene una edad estimada de más de 400 años.

2.5 LA RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SEMILLA Y LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

2.5.1 CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE LA SEMILLA

La semilla se seca o absorbera agua hasta lograr el contenido de humedad de equilibrio con la HR del aire circundante. Esta HR, en donde el contenido de humedad de la semilla es estable, se llama humedad relativa de equilibrio.

La diferencia entre humedad relativa de equilibrio y la HR: la humedad relativa del aire debe mantenerse durante todo el proceso más baja que la humedad relativa de equilibrio correspondiente al contenido de humedad de las semillas. La humedad relativa de equilibrio puede determinarse por las isotermas de liberación (Jara. L, 1997).

La velocidad de secado será alta si la humedad relativa del aire de secado es baja en comparación con la humedad relativa de equilibrio, ya que cada unidad de aire puede extraer más agua. Si se mantiene la misma humedad relativa y temperatura durante el proceso de secado, la velocidad de secado disminuirá ya que el contenido de humedad de la semilla se reduce (Stubsgaard *et al.*, 2003).

2.5.2 EL EQUILIBRIO CON LA HUMEDAD RELATIVA (HR) DEL AMBIENTE

El contenido de HR de la semilla se encuentra normalmente en equilibrio con la HR del ambiente donde se encuentra. Aunque en este sentido, las semillas con cubierta dura como las leguminosas son una excepción.

La mayoría de las semillas tienen su propio contenido de humedad en equilibrio con un valor dado de HR del ambiente donde se encuentra debido a que varía la cantidad de agua que absorben las moléculas de las semillas. Las proteínas más agua que el almidón y la celulosa, mientras que los lípidos no absorben agua.

Al igual que el suelo, las semillas se secan hasta un equilibrio con un valor dado de HR que no será el mismo que cuando las semillas secas ganan humedad hasta alcanzar el equilibrio con el mismo valor de HR.

Este fenómeno, conocido como "histéresis", se cree que ocurre porque durante la rehidratación, las macromoléculas secas no se hidratan completamente hasta los mismos niveles de humedad que cuando estaban húmedas y no se disponen de tantos sitios viables para la absorción de moléculas de agua. El contenido de humedad de una semilla en equilibrio con una HR es ligeramente superior a temperaturas de almacenamiento más bajas. Esto se produce porque la energía de las moléculas de agua es menor a temperaturas más bajas y pocas escapan a la fuerza de atracción de las macromoléculas (Gálvez, 2006).

2.6 HUMEDAD DE LAS SEMILLAS Y PRINCIPIOS DE SECADO

Para muchas especies ortodoxas el secado prepara las semillas para un periodo de latencia hasta la siguiente estación húmeda y caliente en donde puedan germinar. Para todas las especies ortodoxas, mantener la viabilidad o longevidad es cuestión de reducir la actividad de la semilla, como por ejemplo, mantener baja la temperatura y el contenido de humedad. El contenido de humedad se puede controlar por secado. Este es el sistema más simple y seguro en la mayoría de los casos, para prolongar el periodo de viabilidad. Las semillas se sienten y aparentan estar secas dentro de un amplio rango de contenido de humedad. Por esta razón es necesario comprender y controlar el proceso de secado (Stubsgaard *et al.*, 2003).

2.6.1 PRINCIPIOS DE SECADO DE SEMILLAS

Bajo condiciones normales, las especies ortodoxas maduraran durante la estación seca permitiendo que el clima local seque los frutos y las semillas.

La condición de almacenamiento de semillas ortodoxas completamente maduras generalmente se beneficia del secado hasta el 6-8% de contenido de humedad. Esto es en muchos casos menores que el contenido de humedad que la semilla alcanzara naturalmente. Para alcanzar este bajo contenido de humedad se tiene que crear una HR suficiente baja en el aire que rodea la semilla. Cuando la humedad que se evapora de la semilla eleva la humedad relativa del ambiente, el aire tiene que ser renovado por uno nuevo con suficientemente baja HR, por ejemplo el viento (Stubsgaard *et al.*, 2003).

2.6.2 SECADO DE LAS SEMILLAS

La velocidad del secado de las semillas también puede influir en la viabilidad y longevidad de las semillas. Un secado demasiado rápido puede ser provocar daños que impidan la germinación o simplemente afecten a su longevidad. Si el gradiente de humedad desde la superficie que en el interior. Si este es muy intenso, pueden producirse fracturas en los tejidos superficiales de algunas semillas con cubiertas seminales blandas, con la consiguiente pérdida de la protección frente a patógenos. Los métodos alternativos al calentamiento para reducir la HR durante el acondicionamiento de las semillas son la refrigeración y la desecación.

En el proceso de refrigeración, el aire húmedo entra en contacto con el serpentín (frio) que condensa parte de la humedad y la retirara dejando una HR más baja en la cámara de secado. Este procedimiento es eficaz y económico a temperaturas superiores a 20°C y se consiguen

fácilmente niveles del 45% de HR. Sin embargo, a temperaturas inferiores este tipo de deshumidificación resulta antieconómico.

El procedimiento de la desecación puede realizarse de dos maneras. Por una parte, mediante el empleo de gel de sílice que al hidratarse cambia de color y puede retirar cantidades discretas de humedad. Para renovarlo basta con calentarlo y volverá a estar deshidratado y de color original. Por otra parte, también se ha empleado una solución saturada de cloruro de litio (CLi). Esta al atomizarse sobre el aire húmedo de la cámara de secado, captura la humedad del ambiente, aunque su carácter tóxico y corrosivo lo hacen poco recomendable (Gálvez, 2006).

2.6.3 SECADO DE SEMILLAS ORTODOXAS

En muchas especies, para el almacenamiento de plazo mediano o largo se recomienda un contenido de humedad del 4–8 por ciento. Este CH es considerablemente inferior al de las semillas recién recolectadas. En la mayoría de las especies puede reducirse colocando las semillas en un ambiente que tenga una humedad relativa (HR) del 15–20 por ciento durante un período lo bastante prolongado para que las semillas puedan alcanzar un CH en equilibrio con la HR (FAO, 1991).

La eficacia del secado al aire depende de las condiciones climáticas locales. Suele ser posible reducir el CH hasta un 12–18 por ciento siempre que se cuide de proporcionar a las semillas una ventilación suficiente. Bajar el CH hasta valores inferiores al 8 por ciento es imposible en la mayoría de las situaciones templadas y en algunas zonas de los trópicos húmedos, pues la HR media es siempre demasiado alta. En zonas donde abunda el tiempo soleado, se puede conseguir secar muchas especies hasta un CH del 6–8 por ciento mediante la exposición directa al sol, pues las semillas y el microclima circundante se calientan y por tanto se reduce la HR. Asimismo, con una

HR constante, el CHE de las semillas desciende al aumentar la temperatura. Hay que asegurarse de que antes de la exposición las semillas estén lo más secas que sea posible, y de que durante ella se remuevan con frecuencia (FAO, 1991).

Cuando se trata de un almacenamiento prolongado con fines de protección de recursos genéticos, se recomienda una combinación de HR baja y temperatura baja (HR del 15 por ciento y 15°C).

Cuando las condiciones climáticas impiden conseguir una HR lo bastante baja mediante calentamiento del aire, es necesario reducirla quitando vapor de agua al aire sin elevar la temperatura. Esto puede conseguirse de dos maneras: a) refrigerando el aire hasta por debajo del punto de rocío, condensando el vapor de agua en los serpentines refrigerantes y después volviendo a calentar el aire a 35°C, o b) haciendo pasar el aire por un deshidratante químico, que elimina el vapor de agua, y después por la semilla (Harrington 1970). Existen varios deshidratantes, como por ejemplo el gel de sílice, CaO, H₂SO₄, cloruro de litio o CaCl₂ anhidro, pero el más indestructible y de reutilización más fácil es el gel de sílice (Magini, 1962; Harrington, 1970).

2.6.4 ALMACENAMIENTO EN SECO CON CONTROL DEL CH Y DE LA TEMPERATURA

Se trata del procedimiento que se aplica habitualmente a muchas especies ortodoxas que, aunque producen la semilla con periodicidad superior a un año, se plantan anualmente en proyectos de forestación a gran escala. En muchas de esas especies la combinación de un CH del 4–8 por ciento y una temperatura de entre 0 y +5°C mantiene la viabilidad durante cinco años o más (FAO 1991).

2.7 TIPO DE SECADO

Existen varios métodos para secar las semillas. Los métodos más comunes y seguros son el secado mediante la deshumidificación y el secado con gel de sílice. También se pueden utilizar otros métodos como el secado mediante la aplicación de soluciones salinas saturadas.

Todos estos métodos consisten en dejar las semillas en un ambiente con una HR baja y dejar que el contenido de humedad de las semillas alcance el equilibrio a una temperatura relativamente baja (10-25°C).

Tenga en cuenta que las semillas alcanzarán el equilibrio a diferentes tasas, dependiendo de la especie, el tamaño de la semilla y las condiciones del secado. Al principio, la mayoría de las semillas se secará rápidamente y la tasa de secado irá siendo más lenta a medida que se vaya acercando a un contenido de humedad bajo (Rao *et al.*, 2007).

Si el contenido de humedad inicial de las semillas es demasiado alto (>15%), se recomienda secar las semillas en dos fases:

1. Secado inicial para reducir el contenido de humedad a niveles seguros para evitar una desecación rápida y daño a las semillas sensibles (como daño por agrietamiento en la soya).

Las alternativas para el secado inicial son:

- Si el clima es apropiado, seque al aire libre, a la sombra, en estantes de malla abiertos –se requieren medidas adicionales de control contra pájaros, insectos y rocío.
- Secado pasivo en un cuarto con buena ventilación y circulación de aire–no factible en el clima caliente y húmedo del trópico

- Secado activo mediante ventilación forzada.
2. Secado final hasta llegar al contenido de humedad recomendado para conservación en bancos de germoplasma (Rao *et al.*, 2007).

2.7.1 SECADO MEDIANTE EL GEL DE SÍLICE

El gel de sílice sirve para secar muestras pequeñas. A continuación se describe el procedimiento para secar semillas con gel de sílice:

1. Coloque gel de sílice autoindicador, azul y seco en un desecador o frasco de vidrio con sello hermético. El peso del gel de sílice utilizado debe ser igual al de las semillas para lograr un secado eficiente. Para un secado más rápido, algunos bancos de germoplasma utilizan una relación más alta de gel a semilla, como de 3:1.
2. Coloque las semillas en bolsas porosas y consérvelas muy cerca del gel de sílice.
3. Mantenga el desecador a temperatura fresca (aproximadamente 20°C).
4. Cambie el gel de sílice a diario o cuando el color cambie de azul a intenso a rosado o azul pálido.
5. Regenere el gel de sílice calentándolo a 100°C hasta que adquiera de nuevo el color azul intenso. Deje que se enfríe en un recipiente hermético antes de reutilizarlo.
6. Deje las semillas en el recipiente con gel de sílice fresco hasta que el contenido de humedad esté en el rango requerido para el almacenamiento.
7. Empaque las semillas en recipientes adecuados cuando las semillas hayan alcanzado el contenido de humedad recomendado o el peso en

equilibrio, y cuando su nivel de germinación y sanidad sea aceptable (Rao *et al.*, 2007).

2.7.2 SECADO MEDIANTE EL CLORURO DE CALCIO

Las semillas también se pueden secar utilizando gránulos de cloruro de calcio anhidro. El cloruro de calcio es seguro, no es tóxico y es económico. Se encuentra disponible en ferreterías y se desecha fácilmente por un desagüe. El método de secado es muy similar al del gel de sílice, excepto que el químico se desecha después del secado o se puede reutilizar para preparar soluciones de sales saturadas.

1. Coloque los gránulos de cloruro de calcio anhidro en el fondo de un desecador o frasco de vidrio hermético, bajo una capa de malla de alambre. Cierre el recipiente rápidamente para evitar que absorba humedad del aire.
2. Coloque las semillas en bolsas porosas sobre la placa del desecador o en una malla de alambre.
3. Mantenga el desecador a una temperatura fresca (aproximadamente 20°C).
4. Cuando la capa superior de cloruro de calcio se endurezca y esté brillante, gírela de manera que la parte inferior quede arriba. Una vez esté completamente dura, se puede reutilizar para preparar una solución salina saturada como se describe más adelante.
5. Deje las semillas en el recipiente con el cloruro de calcio fresco hasta que el contenido de humedad de las semillas se encuentre en el rango requerido para el almacenamiento.
6. Empaque las semillas en recipientes adecuados una vez obtenga el contenido de humedad recomendado o el peso en equilibrio, y si la germinación y sanidad de las semillas son aceptables (Rao *et al.*, 2007).

2.7.3 SECADO BAJO LA SOMBRA

El secado a la sombra puede ser una forma efectiva de reducir el contenido de humedad de las semillas en ambientes en donde la HR es baja (menos del 40%); entre más baja sea la humedad, más efectivo será el proceso de secado. El secado a la sombra es particularmente útil para el proceso de secado inicial. No seque al sol ya que se cree que afecta la viabilidad a largo plazo de las semillas de algunas especies.

1. Extienda las semillas en una sola capa sobre una sábana de lino o en estantes de malla abiertos, dispuestos en la sombra, asegurándose de que el aire circule libremente. Cualquier dispositivo que ayude a elevar el flujo del aire sobre las semillas (como un ventilador) mejorará la eficiencia del secado.
2. Cubra las semillas con una red protectora para evitar la depredación de animales (pájaros, ratas, etc.).
3. En la noche, envuelva la sábana y manténgala en un cuarto fresco.
4. Deje que transcurra el tiempo suficiente para que la humedad de las semillas alcance equilibrio con la HR del ambiente –esto podría tomar varios días (Rao *et al.*, 2007).

Es el método más lento y menos drástico de secar los frutos para la extracción de la semilla. Los frutos deben estar en habitaciones bien ventiladas, extendidos en una capa fina, y deben removerse periódicamente si están colocados sobre una superficie sólida; es preferible no obstante colocarlos en bandejas cuya base sea una tela metálica, de manera que el aire pueda circular por todos los lados.

El proceso de secado, y el período de tiempo que se precisa depende de la humedad y la temperatura del aire natural. Pero es el método más

seguro para las especies “delicadas”, que no soportan el calentamiento ni un secado muy rápido (FAO, 1991).

En regiones con alta humedad relativa no es una técnica recomendada, ya que permite el desarrollo de microorganismos (Larrasoña, 2010).

En los países tropicales con una HR alta, es más difícil y costoso mantener un cuarto de secado a una HR muy baja. Para reducir de manera efectiva el contenido de humedad de las semillas a niveles aceptados, se puede emplear una combinación de métodos incluyendo tecnologías de bajo costo como el secado con gel de sílice y sales saturadas.

Puede ser ventajoso bajo algunas circunstancias:

Las elevadas temperaturas al sol pueden dañar la semilla con alto contenido de humedad.

La semilla no se puede posmadurar y curar daños mecánicos una vez que el contenido de humedad sea menor de 15-20%.

Si la semilla no está bien madura, un proceso lento de secado permite que la semilla complete su maduración y esté lista para almacenamiento y germinación.

Debe haber una ventilación adecuada ya que la falta de humedad relativa fomenta el ataque de hongos e insectos. Un arreglo más sofisticado para el secado bajo sombra, consiste en un cuarto bien ventilado y estantería con bandejas con fondo de malla de alambre. Este arreglo es útil para semillas de especies que pueden ser fácilmente dañadas por el calor del sol o del horno, y para especies que deben ser almacenadas a un relativamente alto contenido de humedad para mantener su viabilidad (Stubsgaard *et al.*, 2003).

2.7.4 SECADO QUÍMICO - DISECANTES Y SECADORES POR DESORCIÓN

Químicos como el sílica gel o el cloruro de litio pueden agregar y absorber altos porcentajes en peso de agua aun a humedades relativas bajas. El químico es secado (regenerado) por aire caliente. Después puede usarse para secar la semilla. Se pueden utilizar dos métodos 1º el método manual en donde el químico (disecante) se seca en un horno y después se coloca en un envase con la semilla, 2º el método mecánico en donde el aire de secado se circula a través del disecante.

1.- Para pequeños lotes de semillas, la sílica gel es el mejor desecante regenerador se seca al horno a no más de 175°C y se enfría en un envase sellado antes de usarse.

2.- en los secadores mecánicos de liberación el aire de secado se circula a través del disecante alternado con una corriente de aire caliente que regenera el disecante. Este se coloca sobre un número de columnas las cuales son expuestas alternativamente a la corriente de aire caliente. El secado en el almacenamiento a largo plazo de semillas en bancos de germoplasma, también se realiza a 15°C y 15% de HR ya que este esquema se considera adecuado. El secado químico por liberación es casi la única solución para crear este clima de viabilidad (Stubsgaard *et al.*, 2003).

2.7.5 SECADO AL HORNO

El aire dentro del horno se calienta para reducir la humedad relativa y se circula con ventiladores para acelerar la evaporación. Cuando la HR se eleva por el agua evaporada, las ventanas se abren para permitir intercambio de aire. Un horno para el secado de semillas o conos debe de ser construido de tal forma que la temperatura, el intercambio de aire

y la humedad relativa sean fácilmente controladas. La circulación interna del aire debe tener la mayor velocidad posible (Stubsgaard *et al.*, 2003).

2.8 RESPUESTA A LA DESECACIÓN Y A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO DEL GERMOPLASMA

Las semillas ortodoxas toleran la desecación a bajos contenidos de humedad (CH 3-5%) y su longevidad aumenta con la disminución de la temperatura de almacenamiento. El riego se realizó diariamente con agua destilada. Se consideró una semilla germinada cuando la radícula emergió de la testa (Rossini *et al.*, 2006) citado por Giamminola *et al.*, (2012).

Según Hong, Linington y Ellis, (1998) en semillas ortodoxas, la longevidad aumenta con la reducción del CH y de la temperatura de almacenamiento. La temperatura de almacenamiento no influyó en la germinación de las semillas con CH reducidos (3 - 5 % de CH y 25, 5 y - 20°C).

2.9 CONCENTRACIÓN DE HUMEDAD

La semilla se puede considerar como una estructura compuesta por sustancias complejas tales como carbohidratos, proteínas y aceites, con algo de agua. La cantidad de agua puede ser aumentada o extraída. Si una semilla se coloca en agua, la absorberá, incrementando así su contenido de humedad; si se extrae del agua, la semilla se secará, de este modo el agua se evaporará y el contenido de humedad disminuirá.

Las moléculas de agua están permanentemente en estado de vibración. Si están localizadas cerca a la superficie de la semilla, podrán escapar ocasionalmente en el aire; esto es, evaporación. De forma similar, las

moléculas de agua en el aire se encuentran vibrando, algunas de ellas entran en contacto con la semilla y entran en ella; esto es, absorción.

Estos dos procesos, evaporación (desorción) y absorción, funcionan continuamente. Cuando la evaporación supera la absorción, la semilla se seca; cuando la absorción excede la evaporación, la semilla incrementa su contenido de humedad. En una condición intermedia, la evaporación y absorción son iguales y el contenido de humedad de la semilla se dice que está en equilibrio con la humedad del aire (Jara, 1997).

El contenido de humedad de las semillas (CHS) es la cantidad de agua que hay en una semilla. El agua está presente tanto en forma libre como combinada con los compuestos químicos de las células, como los carbohidratos y las proteínas. El CHS se expresa en términos del peso del agua contenida en una semilla como porcentaje del peso total de la semilla antes del secado, conocido como peso húmedo o como base de peso fresco (International Seed Testing Association ISTA, 2005).

Ecuación 2.3 Contenido de humedad de la semilla con base en el peso fresco

$$\text{CHS (\%pf)} = \frac{\text{peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \times 100 \quad [2.3]$$

El contenido de humedad también se puede expresar con base en el peso seco (ps), es decir, la pérdida de peso como porcentaje del peso seco de las semillas.

Ecuación 2.4 Contenido de humedad de la semilla con base en el peso de la muestra

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100 \quad [2.4]$$

El contenido de humedad es el factor más importante para determinar la velocidad a la cual las semillas se deterioran, y tiene un impacto considerable en la longevidad de las semillas en almacenamiento en un banco de germoplasma. Es importante determinar el contenido de humedad antes de almacenar las semillas para predecir con exactitud el potencial de vida en almacenamiento que tendrá cada accesión.

Los autores consideran que un alto contenido de humedad en la semilla es el factor más crítico en su manejo antes de procesarla y señalan la importancia de mantener un adecuado balance entre el contenido de humedad de la semilla, temperatura y ventilación, para evitar su sobrecalentamiento, sofocación o ataque de hongos. En un estudio muy reciente sobre la desecación de semillas de Neem (*Azadirachta indica* var. *siamensis*) en Tailandia, se encontró que los frutos recolectados recientemente no se deben dejar en bolsas de polietileno cerradas, con el fin de evitar la fermentación durante los procesos de recolección, transportación o almacenamiento temporal (datos no publicados del Dr. K.M Paulsen, DANIDA, 1994). Para la mayoría de las semillas recalcitrantes, es muy importante mantener el contenido original de humedad y secarlas paulatinamente después de madurarlas en capas delgadas en un lugar fresco y a la sombra para prevenirlas de sofocación (Kioko *et al.* 1993). Se ha encontrado que la sensibilidad a la desecación en semillas recalcitrantes se debe a la iniciación del proceso de germinación asociada antes o después de la dispersión natural (Farrant *et al.* 1988). Maury-Lechon *et al.* (1981) encontraron que temperaturas de 39°C durante la transportación de semillas, aceleraron el efecto de envejecimiento en *Shorea parvifolia*, pero no ocurrió lo mismo con semillas de *Dipterocarpus humeratus*, y recomiendan el uso de recipientes refrigerados para la transportación de semillas recalcitrantes recién colectadas. En almacenamiento temporal, las semillas recalcitrantes deben mezclarse con un sustrato húmedo en bolsas delgadas de plástico sin cerrar (Chien y Lin 1994).

2.10 CURVAS DE HUMEDAD

2.10.1 CONTENIDO DE HUMEDAD EN EQUILIBRIO E ISOTERMAS DE HUMEDAD

El contenido de agua de las semillas en equilibrio con la humedad relativa del aire circundante se conoce como contenido de humedad en equilibrio. Entender la relación entre el contenido de humedad de las semillas en equilibrio y la humedad relativa es importante para determinar el régimen de secado adecuado para las semillas.

Para una determinada especie, existe una relación definible entre la humedad relativa y el contenido de humedad de las semillas

La relación entre el contenido de humedad de las semillas y la humedad relativa se expresa mediante una isoterma de sorción –que es sencillamente una gráfica del contenido de humedad de las semillas en relación con el porcentaje de humedad relativa. Las isotermas de humedad dependen de la composición química de las semillas y difieren entre especies, entre accesiones de las mismas especies e incluso entre semillas de una misma accesión cosechadas en diferentes fases de desarrollo. Las isotermas de humedad son muy útiles para calcular el contenido de humedad al cual se pueden secar las semillas en un determinado ambiente (Rao *et al.*, 2007).

2.11 ASPECTOS IMPORTANTES EN EL PROCESO DE GERMINACIÓN

Es una secuencia de eventos que dan como resultado la transformación de un embrión en estado quiescente en una plántula. En el proceso de la germinación puede dividirse arbitrariamente en varios eventos: (1)

Imbibición - el proceso físico de absorción de agua. (2) -Activación - la puesta en marcha de la maquinaria de síntesis y degradación. (3) División y elongación celular (4) Ruptura de la cubierta seminal por el embrión. (5) Establecimiento de la plántula como ente autónomo. Los efectos de esta charla nos limitaremos a considerar las relaciones del proceso de germinación con los factores ambientales que controlan la misma. Conviene aclarar que la relación suelo-semilla en lo que a absorción de agua se refiere es un tanto más complicada. La evidencia experimental enseña que el hecho de que la semilla necesite un contenido de humedad alto para germinar no implica que su germinación se retarde por esa condición. Por regla general, la velocidad de emergencia se reduce conforme la humedad del suelo se acerca al punto de marchitez; en algunas especies también se reduce el porcentaje de emergencia en condiciones de escasa humedad del suelo. El exceso de agua puede ser tan pernicioso para la semilla como la carencia. Sí el nivel de agua llega a excluir o restringir la penetración de oxígeno a la semilla, la germinación se retarda o no ocurre, en un gran número de especies (Marassi, 2008).

2.11.1 LATENCIA DE LAS SEMILLAS

A menudo sucede que algunas semillas rodeadas de lo que podría llamarse un ambiente óptimo para germinación, temperatura y agua favorable, buena disponibilidad de oxígeno, no logran germinar. Este fenómeno se denomina latencia. Debe distinguirse este término del que se utiliza para describir semillas que no germinan por carencia de condiciones ambientales adecuadas; estas semillas se denominan quiescentes (Marassi, 2008).

2.11.2 PRUEBA ESTÁNDAR DE GERMINACIÓN

En una prueba de germinación estándar, las semillas se colocan en condiciones ideales de luz y temperatura para inducir la germinación.

Las condiciones requeridas para llenar los requisitos legales se especifican en las normas para ensaye de semillas, las cuales pueden incluir tipos de prueba, condiciones ambientales y duración de las pruebas. En los laboratorios para ensaye de semillas se emplean varias técnicas para germinar las semillas. Las semillas pequeñas se colocan en chatolas de germinación (que no sean de acero galvanizado, que contiene sales de zinc tóxicas). También resultan útiles las cajas de plástico, las cajas de cartón encerado o las de Petri cubiertas.

El papel absorbente se corta en dos partes pequeñas (secantes) y las semillas pequeñas se colocan encima o entre dos capas. Otros medios para la germinación son el algodón absorbente, toallas de papel, papel filtro (cinco capas), y para semillas grandes, arena, vermiculita, perlita o tierra (16mm). Los recipientes se colocan en condiciones especiales en las cuales controlan temperatura, humedad y luz. Para evitar el desarrollo de microorganismos, todo el material y equipo debe conservarse escrupulosamente limpio, esterilizado cuando sea posible y con la cantidad de agua cuidadosamente regulada. No se debe formar una película de agua al alrededor de las semillas, ni el medio de germinación debe estar tan húmedo que aparezca una película de agua cuando se aprieta con un dedo (Marassi, 2008).

2.11.3 GERMINACIÓN DE LA SEMILLA

La Germinación: un análisis para medir la habilidad de las semillas para germinar y que puedan desarrollar plántulas normales, bajo condiciones adecuadas de humedad, temperatura y luz óptimas. Las plántulas anormales carecen de brote o raíz, o tienen otras mal formaciones (FAO, 2011). A efectos de los ensayos de laboratorio, 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 (Justice, 1972).

La germinación consiste en tres procesos parcialmente simultáneos: 1) absorción de agua, principalmente por imbibición, que hace que la semilla se hinche y acabe abriéndose la cubierta seminal; 2) actividad enzimática e incremento de las tasas de respiración y asimilación, que indican la utilización de alimento almacenado y su transposición a las zonas en crecimiento; 3) engrandecimiento y divisiones celulares que tienen como consecuencia la aparición de la radícula y la plúmula (Evenari 1957, citado por Krugman y otros 1974). En la mayoría de las semillas la radícula del embrión está cerca del micrópilo, por donde el agua se absorbe con más facilidad y rapidez que atravesando la cubierta seminal. A medida que la radícula se hincha, ejerce una presión sobre la cubierta, que normalmente se abre por vez primera en este punto para liberar la radícula. Esta da lugar a la raíz primaria, que penetra en el suelo y produce pronto raíces laterales. Muchas especies del bosque higrofítico tropical, que tienen un elevado contenido de humedad y cubiertas permeables cuando cae la semilla, deben germinar en el plazo de unas cuantas semanas. Si no encuentran pronto las condiciones adecuadas, pierden viabilidad y mueren (Krugman *et al.*, 1974).

2.11.4 REQUERIMIENTOS GENERALES PARA LA GERMINACIÓN

La germinación es la emergencia y desarrollo desde el embrión de la semilla de las estructuras esenciales (brote y raíces) que, para una semilla en particular, son indicativas de la habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables. Hay cuatro requerimientos generales para la germinación de la mayoría de tipos de semillas: sustrato adecuado, humedad, temperatura favorable y suficiente oxígeno. La luz es un tratamiento especial necesario durante la

germinación para superar la dormancia en ciertos tipos de semillas (FAO, 2011).

SUSTRATO ADECUADO

Arena: Arena limpia y húmeda (preferiblemente esterilizada) en una bandeja u otro envase adecuado (con agujeros de drenaje en el fondo) es excelente para análisis de germinación de semillas grandes. La parte superior de un bolígrafo es perfecta para hacer agujeros de 1-2 cm para colocar las semillas en un diseño 10 x 10. Esto también permite una observación y evaluación más fáciles. La regla práctica para la profundidad de siembra es que debería ser el doble del largo de la semilla. Cubrir cuidadosamente la semilla luego de colocar una semilla por agujero. El único cuidado es que otras semillas en la arena puedan confundir el conteo en la germinación, pero teniendo las semillas en un diseño paliará este problema potencial. Una ventaja de usar arena es que las plántulas tienen que empujar a través de ella y esta resistencia es una especie de evaluación de vigor. Además, el equipamiento está disponible aún a nivel de un pueblo (FAO, 2011).

Los principales requisitos que debe reunir un sustrato (Justice 1972) son los siguientes:

- 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.

La arena no es un material adecuado cuando las semillas son muy pequeñas, pues resulta difícil encontrarlas, pero se utiliza mucho cuando las semillas son más grandes. Puede esterilizarse, y es un medio menos adecuado que el papel para el desarrollo de hongos. Proporciona

asimismo un buen contacto entre la semilla y la humedad, pues las semillas pueden introducirse a presión en el medio.

Se prefiere la arena como substrato de germinación para las especies arbóreas que tienen un período de germinación más largo, como por ejemplo *Rosa* spp., *Pinus caribaea*, *P. elliottii* y *P. palustris*.

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.

Los mejores substratos de papel para la germinación son el papel secante, las toallas de papel, el papel filtro de laboratorio y el papel de celulosa plisado que se utiliza como relleno (Bonner 1974). Siempre que se utilice un substrato de papel debe comprobarse que no están presentes en él sustancias químicas tóxicas. En las Reglas de la ISTA de 1976 figuran especificaciones pormenorizadas sobre tipos de papel y toallas, incluidos aspectos como el peso, la resistencia al estallido, la ascensión capilar y la acidez.

HUMEDAD

Una cantidad suficiente de humedad es necesaria para la germinación de las semillas. La humedad es normalmente suministrada a través del substrato. Una humedad excesiva puede interferir con la aireación adecuada y la germinación. Por otro lado, no se debe permitir que se seque el substrato durante el proceso de germinación. Es importante mantener húmedo el ambiente de las semillas, pero no excesivamente mojado. La arena debe de estar cubierta; las toallas de papel, los trapos de algodón y el papel secante se deben mantener en bolsas de plástico amplias y cerradas herméticamente o en cajas. Todos los análisis de germinación se deberían controlar diariamente para monitorear los

niveles de humedad y para remover las semillas enmohecidas (FAO, 2011).

Se ha sugerido que el nivel de humedad del substrato es una de las principales causas de la variación de los resultados que se obtienen en la investigación sobre semillas (Everson *et al.*, 1951). Las Reglas de la ISTA especifican que los substratos de arena deben humedecerse en función de sus características y del tamaño de la semilla que se va a ensayar y sugieren que para varios grupos de semillas agrícolas es adecuado un nivel de humedad del 50–60 por ciento de la capacidad de retención de agua de la arena. Los substratos de papel no deben estar tan mojados que se forme en torno a la semilla una película de agua. A título general, el substrato debe estar en todo momento lo suficientemente húmedo como para aportar a la semilla la humedad necesaria, pero la humedad excesiva reduce la ventilación. Todos los ensayos deben examinarse a diario para comprobar que el contenido de humedad del substrato se encuentra cerca del nivel óptimo. El agua debe estar razonablemente libre de impurezas.

SUFICIENTE OXÍGENO

Una humedad excesiva puede bloquear el intercambio gaseoso de la semilla que está germinando. El control diario de las semillas y la apertura de los envases asegurará que las semillas, aún en bolsas de plástico, tengan suficiente oxígeno (FAO, 2011).

CONTROL DE LA TEMPERATURA

En los ensayos de laboratorio la temperatura importante es la que existe al nivel de las semillas. La temperatura adecuada varía según la especie, y en las Reglas Internacionales para el Ensayo de Semillas figuran los valores indicados para muchas especies arbóreas. La

temperatura es uno de los factores más decisivos de la germinación de las semillas en laboratorio y por ello debe ser objeto de comprobaciones periódicas (FAO, 1991).

2.11.5 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SEMILLAS

Los resultados de los análisis de semillas caen en por lo menos cuatro categorías, como se describe a continuación. Para nuestros propósitos, estas son: semillas /plántulas normales que se desarrollarán como plantas sanas y todas las otras semillas/plántulas que incluyen plántulas anormales, semillas muertas y semillas duras.

Plántulas normales.- Las plántulas normales poseen las estructuras esenciales que son indicativas de su habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables. Estas plántulas poseen un brote normal y sano (hipocótilo, cotiledones o epicótilo) y una raíz (primaria y secundaria).

Plántulas anormales.- Las plántulas anormales no necesariamente se desarrollarán como plantas sanas. Las plántulas anormales son todas aquellas que no pueden ser clasificadas como normales. A menudo carecen del brote y/o de la raíz.

Semillas muertas.- Semillas muertas son aquellas que absorben agua, se pudren y no producirán una plántula durante el análisis de germinación.

Semillas duras.- Debido a que estas son semillas que no absorben agua, no se hincharán y no comenzarán el proceso germinativo. Este es un problema con limitado número de especies que incluye algunas leguminosas. Las plántulas son contadas oficialmente luego de un período inicial de tiempo, esto es, el primer recuento, y luego contadas otra vez luego de un período adicional de tiempo, esto es, el segundo o recuento final. Las plántulas son removidas una vez que han germinado

completamente o si están enmohecidas, debido a que los hongos se pueden propagar a otras semillas. La regla práctica es que la velocidad a la cual las plántulas emergen es indicativa del vigor de las semillas.

Por lo tanto, cuanto mayor sea el porcentaje de plántulas normales en el primer recuento, más alto será el nivel de vigor general de las semillas.

Este punto es muy significativo para comprender la calidad de semillas (FAO, 2011).

2.12 ENSAYOS DE GERMINACIÓN

De todas las mediciones de la calidad de un lote de semilla, ninguna tiene tanta importancia como la que sirve para determinar la germinación potencial de las semillas (Bonner 1974). Los ensayos de germinación que se efectúan en laboratorio tienen por finalidad principal estimar el número máximo de semillas que pueden germinar en las condiciones óptimas. Para las semillas que se mueven por el circuito del comercio internacional es muy útil disponer de una norma común para evaluar el potencial de germinación. Por el contrario, está claro que los resultados que se obtienen en las condiciones ideales controladas en el laboratorio no son directamente aplicables sobre el terreno, en el vivero, donde sólo se puede ejercer un control limitado sobre las condiciones ambientales.

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 (Justice 1972, ISTA 1976). La germinación se expresa como el porcentaje de semillas puras que produce plántulas normales o como el número de semillas que germinan por unidad de peso de la muestra.

2.13 EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN

Se considera que una semilla ha germinado cuando han surgido de su embrión, y se han desarrollado a partir de él, las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una plántula normal en condiciones favorables. En el recuento de germinación no se incluye a los gérmenes anormales, pues estas raras veces sobreviven para producir plantas. En las Reglas de la ISTA (ISTA 1976) se identifican cuatro grupos de gérmenes anormales: (a) gérmenes dañados, (b) gérmenes deformados, (c) gérmenes podridos, y (d) gérmenes con un desarrollo inusual del hipocótilo. En las Reglas de la ISTA se definen en detalle estos grupos y sus características. En un ensayo de laboratorio lo normal es que se saque la mayor parte de los gérmenes normales en los recuentos intermedios, pero la valoración de muchos de los gérmenes dudosos y anormales ha de dejarse hasta el final del ensayo, de manera que no se clasifiquen erróneamente como anormales los gérmenes que son de crecimiento más lento pero no presentan anomalía alguna.

El resultado de un ensayo de germinación suele indicar por separado el porcentaje de semillas germinadas y el de semillas no germinadas pero aparentemente viables, por ejemplo en el caso siguiente:

Cuadro 2.1. Porcentaje de germinación

| | | |
|---|---|------------------|
| Porcentaje de germinación | = | 82% |
| Porcentaje de semillas no germinadas pero viables | = | 6% |
| Porcentaje de viabilidad | = | 82% + 6% (= 88%) |

Fuente (ISTA 1976)

2.13.1 ENERGÍA DE GERMINACIÓN

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 del germen que produce. Otro método para comparar la energía de germinación de diferentes lotes de semilla consiste en registrar la “tasa de germinación”, es decir, el número de días que se necesitan para conseguir el 50 por ciento de la capacidad de germinación (Allen 1958). Cuanto más breve sea ese período, tanto mayor será la energía de germinación.

2.13.2 VALOR DE GERMINACIÓN

El concepto de valor de germinación, tal como lo define Czabator (1962), tiene por finalidad combinar en una sola cifra una expresión de la germinación total al término del período de ensayo y una expresión de la energía o velocidad de germinación. La germinación total se expresa en forma de germinación diaria media (GDM) (final), que se calcula como el porcentaje acumulado de semillas llenas germinadas al final del ensayo dividido por el número de días que transcurren desde la siembra hasta el término del ensayo. La velocidad de germinación se expresa en forma de valor máximo (VM), que es la germinación diaria media máxima (porcentaje acumulado de germinación de semilla llena dividido por el número de días transcurridos desde la fecha de siembra) que se alcanza en cualquier momento del período del ensayo. El valor de germinación (VG) puede por tanto calcularse mediante la fórmula siguiente:

Ecuación 2.5 Valor de germinación

$$VG = GDM \text{ (final)} \times VM \quad [2.5]$$

VG: Valor de germinación

GDM: Germinación diaria media

VM: Valor máximo

2.14 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Justice (1972) ha clasificado los métodos para determinar el contenido de humedad de las semillas en los dos tipos siguientes: (a) métodos básicos, en los que la humedad se extrae de las semillas mediante calor y se mide mediante la pérdida de peso del material original o mediante el peso o volumen de la humedad condensada, y (b) métodos prácticos, indicados para el trabajo rápido de rutina y normalizados con respecto a uno o más de los métodos básicos.

Hasta hace poco tiempo la ISTA prescribía tres posibles procedimientos: (1) secado en estufa durante 17 horas a 103°C; (2) secado en estufa durante un período de entre 1 y 4 horas a 130°C, y (3) destilación con tolueno. De esta manera sólo queda como método aplicable a los árboles forestales el método (1), el llamado “método de secado en estufa a temperatura baja y constante”.

El ensayo debe realizarse sobre dos muestras de unos 5 g cada una obtenidas de la muestra de trabajo que incluye impurezas, no sobre semillas puras. Las semillas grandes deben triturarse, romperse o cortarse en pequeños fragmentos para facilitar el secado, y una buena norma práctica es romper las semillas que por término medio tengan más de 10 mm de diámetro o longitud (Bonner, 1981). Se pesan las muestras y después se introducen, colocadas en recipientes metálicos y bien espaciados para facilitar la circulación del aire, en una estufa que se mantiene a una temperatura de 103°C ± 2°C durante 17 ± 1 horas. La

diferencia en CH de las dos muestras no debe superar un determinado porcentaje de tolerancia. Si supera ese nivel, se debe someter a ensayo a otro par de muestras; si no lo hace, el resultado final es la media de las dos muestras. La ISTA prescribía antes para todas las especies una tolerancia del 0,2 por ciento, pero, como señalaron Gordon (1979) y Bonner (1981), no se puede aplicar a todas las especies un mismo valor de tolerancia. En el Congreso de la ISTA de 1983, celebrado en Ottawa, se convino en establecer de la manera siguiente las tolerancias aprobadas para los ensayos de humedad en semillas arbóreas:

Cuadro 2.2. Tolerancias aprobadas para los ensayos de humedad en semillas arbóreas

| Estado de la muestra | Porcentaje de tolerancia |
|--|--------------------------|
| Semillas pequeñas, humedad <12 por ciento, por ejemplo <u>Picea</u> , <u>Alnus</u> | 0,3 |
| Semillas grandes, humedad <12 por ciento, por ejemplo <u>Carya</u> | 0,4 |
| Semillas pequeñas, humedad >12 por ciento | 0,5 |
| Semillas grandes, humedad de 12 a 25 por ciento | 0,8 |
| Semillas grandes, humedad >25 por ciento, por ejemplo <u>Quercus</u> | 2,5 |

Fuente (ISTA, 1983)

Los humidímetros eléctricos ofrecen rápidas estimaciones de la humedad de las semillas, pero no se consideran suficientemente precisos para los ensayos oficiales.

Su rapidez los hace muy útiles en determinadas situaciones; por ejemplo deben ser lo bastante precisos para comprobar la humedad de semillas de árboles como guía para secar las semillas antes de almacenarlas (Bonner 1974, 1981). Las lecturas de estos aparatos se convierten en contenido de humedad de la semilla mediante unos gráficos que proporciona el fabricante o se obtienen de unas curvas de calibración realizadas en el laboratorio respecto de la especie de que se trate. En su mayoría los humidímetros no miden una humedad superior al 15–20 por ciento y necesitan un mínimo de 90–100 g de semillas por ensayo (Bonner 1981).

Los humidímetros eléctricos están indicados para las semillas pequeñas, pero no pueden utilizarse con semillas grandes como las de Juglans o Quercus; tampoco resulta fácil medir con ellos las semillas aladas, como las de Fraxinus (Bonner 1978).

Siempre que la estufa se caliente previamente, el secado puede efectuarse en cinco minutos y el pesado en otros seis minutos inmediatamente después si se dispone de una balanza electrónica o tras 30–45 minutos de enfriado en una desecadora si la operación se realiza en una balanza ordinaria (Bonner y Turner 1980). Cabe esperar que los resultados estén dentro de un intervalo del 7 por ciento, con una probabilidad del 0,05 en el caso de las semillas grandes con CH alto, como las de Quercus, y dentro de un 2 por ciento en las de Fraxinus y Carya, frente a los resultados más precisos que ofrecen los métodos tradicionales, que son más lentos.

Un método sencillo y barato es secar rápidamente semillas consiste en utilizar una lámpara de infrarrojos (Gordon y Rowe 1982). Se somete una muestra pesada al calor de una lámpara de infrarrojos cuya intensidad es tal que las semillas pierden toda su humedad, sin quemarse, en unos 20 minutos. Cuando las semillas dejan de perder peso, se mide el nuevo peso y se calcula la pérdida en términos porcentuales.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

El desarrollo de la investigación se enmarcó en la normativa institucional (ESPAM MFL, 2014). El tipo de esta investigación fue de tipo experimental.

3.1 UBICACIÓN

El desarrollo de la investigación se lo efectuó en el laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, localizada en el sitio Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, ubicada geográficamente a 00°49'28" de Latitud Sur y 80°10'47" de Longitud Oeste y una altitud de 15 msnm.^{1/}.

Las características climáticas de la zona son: ^{1/}.

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Precipitación anual | 976,6 mm, |
| Temperatura media diaria | 25,5°C, |
| Humedad relativa | 82%, |
| Heliofanía | 1115 horas sol. |

3.2 DURACIÓN DEL TRABAJO

El estudio investigativo (cumplimiento de los tres objetivos) tuvo una duración de 9 meses dividido en fases.

¹ Estación Meteorológica de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí MFL 2014 promedio de 4 últimos años 2011-2015

3.3 FACTORES EN ESTUDIO

FACTORES: Métodos de Secado

- Cloruro de Calcio Anhidro
- Silica Gel
- A la Sombra

NIVELES: Tiempo

- 24 Horas
- 48 Horas
- 72 Horas

3.4 TRATAMIENTOS:

CLOURURO DE CALCIO ANHIDRO

- C1. 25% menos del peso de colecta de la semilla
- C2. igual al peso de colecta de la semilla
- C3. 25% más del peso de colecta de la semilla

SILICA GEL

- S1. 25% menos del peso de colecta de la semilla
- S2. igual al peso de colecta de la semilla
- S3. 25% más del peso de colecta de la semilla

SECADO A LA SOMBRA

- SS1. secado a la sombra por 24 horas
- SS2. secado a la sombra por 48 horas

- SS3. secado a la sombra por 72 horas

TIEMPO

- T1. 24 horas
- T2. 48 horas
- T3. 72 horas

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Esta investigación de tipo experimental se sujetó a un Diseño Completamente al Azar (DCA), para cada tratamiento se realizaron tres réplicas, se realizó una combinación de tratamientos para los diferentes tipos de secado.

Cuadro 3.1 Combinación de tratamientos para los diferentes tipos de secados en **DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN ÓPTIMA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACION EN SEMILLAS DE GUAYACÁN ROSADO** (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.).

| COMBINACION DE TRATAMIENTOS | DESCRIPCIÓN | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|----------|
| | Cloruro de Calcio Anhidro | Silica Gel | Sombra | Tiempo |
| C1T1 | 25% - peso de la semilla | | | 24 HORAS |
| C1T2 | 25% - peso de la semilla | | | 48 HORAS |
| C1T3 | 25% - peso de la semilla | | | 72 HORAS |
| C2T1 | Igual al peso de la semilla | | | 24 HORAS |
| C2T2 | Igual al peso de la semilla | | | 48 HORAS |
| C2T3 | Igual al peso de la semilla | | | 72 HORAS |
| C3T1 | 25% + peso de la semilla | | | 24 HORAS |
| C3T2 | 25% + peso de la semilla | | | 48 HORAS |
| C3T3 | 25% + peso de la semilla | | | 72 HORAS |
| S1T1 | | 25% - peso de la semilla | | 24 HORAS |
| S1T2 | | 25% - peso de la semilla | | 48 HORAS |
| S1T3 | | 25% - peso de la semilla | | 72 HORAS |
| S2T1 | | Igual al peso de la semilla | | 24 HORAS |
| S2T2 | | Igual al peso de la semilla | | 48 HORAS |
| S2T3 | | Igual al peso de la semilla | | 72 HORAS |
| S3T1 | | 25% + peso de la semilla | | 24 HORAS |
| S3T2 | | 25% + peso de la semilla | | 48 HORAS |
| S3T3 | | 25% + peso de la semilla | | 72 HORAS |
| SS1 | | | Secado a la Sombra | 24 HORAS |
| SS2 | | | Secado a la Sombra | 48 HORAS |
| SS3 | | | Secado a la Sombra | 72 HORAS |

Cuadro 3.2 Esquema de ANOVA

| FUENTES DE VARIACIÓN | G.L |
|----------------------|-----------|
| Total | 62 |
| Tratamiento | 20 |
| Error | 42 |

Fuente: Autores

3.6 UNIDAD EXPERIMENTAL

De acuerdo a las características de la unidad experimental, la muestra estudiada fueron semillas de Guayacán rosado, de las cuales se tomaron 90 semillas para cada tratamiento, se realizaron 3 réplicas por tratamiento.

3.7 VARIABLES A MEDIR

DEPENDIENTE: Germinación

INDEPENDIENTE: Concentración de humedad

3.8 MÉTODOS

El método a emplear fue una combinación de los propuestos por Rao *et al.*, 2007 y Stubsgaard *et al.*, (2003) respecto a los tipos de secado de semillas.

3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de las variables en estudio se realizaron las siguientes pruebas:

- a) Análisis de varianza (ADEVA): se realizó para determinar la existencia de diferencia significativa estadística entre tratamientos.
- b) Coeficiente de variación (CV): tuvo la finalidad de analizar la variabilidad de los datos obtenidos con respecto de las variables.
- c) Prueba de Tukey: Permitió determinar la magnitud de las diferencias entre tratamientos. Se analizó al 0,05% de probabilidad, de acuerdo a los grados de libertad (GL) del error.

3.10 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Para la presente investigación se plantearon 3 fases:

3.10.1 FASE 1. ESTABLECIMIENTO DEL MÉTODO ADECUADO DE SECADO DE SEMILLA

3.10.1.1 COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE SECADOS

Para los procedimientos de secado de las semillas mediante el cloruro de calcio anhidro, silica gel y secado a la sombra a través de la combinación de los tratamientos, se realizaron adaptaciones y modificaciones a los procedimientos propuestos por Rao *et al.*, (2007) citados en la revisión teórica de esta investigación (pág. 23) los cuales sirvieron como base para la realización de la primera actividad de esta fase.

3.10.1.2 VARIABLES A MEDIR EN CADA UNA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SECADO

GERMINACIÓN

Se considerará como semilla germinada la que emita la radícula y para obtener este dato se procedió de la siguiente manera:

1. Se colocó 10 semillas en una caja Petri de 10 cm de diámetro la cual contiene dos capas de papel filtro y 15 ml de agua destilada.
2. Se usaron 5 cajas Petri y 3 repeticiones por tratamiento.
3. La determinación de la germinación de la semilla se lo hizo mediante la observación visual de la emisión de su radícula con la

ayuda de un estéreoscopio en más del 50% de las semillas y se obtuvo el promedio por tratamiento expresado en porcentaje.

DÍAS A LA GERMINACIÓN

Se contaron los días transcurridos desde el inicio del tratamiento correspondiente hasta que ocurrió la emisión de la radícula en más del 50% de las semillas en cada tratamiento.

EMERGENCIA DE PLANTULA

Se consideró como el momento de emergencia de plántula cuando esta emergió del sustrato y se la expresó en porcentaje, se procedió de la siguiente manera:

1. Se colocó 5 semillas en un recipiente plástico con capacidad de 125 g, se utilizó como sustrato la mezcla de arena de río con humus de lombriz en relación 1-1, este sustrato se esterilizó en estufa a 170°C por dos horas y se procedió con el tratamiento correspondiente.
2. Se utilizaron 10 recipientes con sustrato y 3 repeticiones por tratamiento

DÍAS A LA EMERGENCIA DE PLANTULA

Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta que emergieron las plántulas.

3.10.2 FASE 2. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Para establecer el segundo objetivo, que es la estimación del contenido de humedad, se utilizaron las semillas aplicando el mejor tratamiento de secado y se determinó el contenido de humedad cumpliendo el siguiente procedimiento establecido con anterioridad:

Método de Temperatura alta constante (ISTA 2005)

Método del Medidor rápido de humedad (Kett, PM600, Grain y Seed Moistur, Metester)

3.10.2.1 MÉTODO DE TEMPERATURA ALTA CONSTANTE

1. Secar los recipientes a 130°C durante una hora y dejarlos enfriar en el desecador durante otra hora.
2. Rotular y pesar cada recipiente, incluyendo la tapa, y registrar el peso P1. Para efectos de precisión en el cálculo de la humedad, el tamaño y el peso de los recipientes deben ser proporcionales al peso de la muestra utilizada.
3. Se colocaron las semillas en cada recipiente rotulado, volviendo a ponerles la tapa, pesarlos de nuevo y se registra el peso P2.
4. Colocar los recipientes en un horno que se ha mantenido a 120°C.
5. Secar las semillas durante una hora.
6. Colocar la tapa en cada recipiente al final del período de secado.
7. Llevar los recipientes a un desecador y dejarlos enfriar durante 30 minutos.

8. Registrar el peso de los recipientes con las muestras
9. Repetir desde el paso 4 hasta lograr un equilibrio en el registro del peso de los recipientes con las muestras, cuando se llegue al equilibrio se tomara el registro de ese peso como P3.
10. Se calculó el contenido de humedad con base en el peso fresco y se expresó en porcentaje hasta con un decimal, utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 3.1 Contenido de humedad de la semilla con base en el peso de la muestra

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = \frac{P2-P3}{P2-P1} \times 100 \quad [3.1]$$

En donde P1 = peso del recipiente con la tapa; P2 = peso del recipiente con la tapa y la muestra antes del secado; y P3 = peso del recipiente con la tapa y la muestra después del secado.

3.10.2.2 MEDIDORES RÁPIDOS DE HUMEDAD

Para determinar el contenido de humedad utilizando un medidor rápido de humedad, se procedió de la siguiente manera:

1. Se tomó tres muestras al azar del lote de semillas.
2. Se colocaron las muestras en la cámara de semillas y se registraron las lecturas.
3. El contenido de humedad (como porcentaje por peso) fue igual al promedio de lecturas de tres muestras evaluadas.

3.10.3 FASE 3. MEDICIÓN DE LAS CURVAS DE NIVEL DE PÉRDIDA DE HUMEDAD

3.10.3.1 CURVAS DE NIVEL DE PERDIDA DE HUMEDAD

Las curvas de nivel de pérdida de humedad se realizaron con la lectura de los resultados de la aplicación del método de secado a la sombra en la semilla de la especie objetivo en un intervalo de tiempo establecido (cada seis horas), asegurándose de la circulación libre del aire, se continuo con este procedimiento hasta disminuir el porcentaje de humedad en la semilla a niveles extremos, siguiendo el siguiente esquema:

1. Una vez cosechadas las vainas se colocaron en papel absorbente bajo sombra hasta que ocurriera la dehiscencia.
2. Se tomó la primera lectura del contenido de humedad en las semillas con el aparato electrónico medidor rápido de humedad (KETT PM 600) a las seis horas y se procedió de igual manera hasta establecer una humedad extrema.
3. Se realizó un gráfico colocando el porcentaje de humedad establecido en cada lectura en el eje Y y el tiempo correspondiente en el eje X.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ESTABLECIMIENTO DEL MÉTODO ADECUADO DE SECADO DE SEMILLAS DE GUAYACÁN ROSADO PARA SU GERMINACIÓN

Cuadro 4.1. Porcentaje de germinación y días a la germinación en la investigación: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN OPTIMA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE GUAYACÁN ROSADO (TABEBUIA ROSEA BERTOL A. DC.)

| Tratamiento | PORCENTAJE DE GERMINACION | | DIAS A LA GERMINACION | |
|--|---------------------------|-------|-----------------------|-------|
| | XX | | XX | |
| T1 ClCa (-25% del peso de semilla por 24 h) | 83,3 | a b | 4 | a b c |
| T2 ClCa (+25% del peso de semilla por 24 h) | 76 | a b c | 4 | a b c |
| T3 ClCa (= del peso de semilla por 24 h) | 96 | a | 3,6 | a b |
| T4 ClCa (-25% del peso de semilla por 48 h) | 92,6 | a | 4,3 | b c d |
| T5 ClCa (+25% del peso de semilla por 48 h) | 88,6 | a b | 4,6 | b c d |
| T6 ClCa (= del peso de semilla por 48 h) | 86 | a b | 4,6 | b c d |
| T7 ClCa (-25% del peso de semilla por 72 h) | 85,3 | a b | 4 | a b c |
| T8 ClCa (+25% del peso de semilla por 72 h) | 78,6 | a b | 4 | a b c |
| T9 ClCa (= del peso de semilla por 72 h) | 92,6 | a | 4 | a b c |
| T10 Silica Gel (-25% del peso de semilla por 24 h) | 96 | a | 3,6 | a b |
| T11 Silica Gel (+25% del peso de semilla por 24 h) | 90,6 | a b | 4 | a b c |
| T12 Silica Gel (= del peso de semilla por 24 h) | 90,6 | a b | 5 | c d |
| T13 Silica Gel (-25% del peso de semilla por 48 h) | 76 | a b c | 5,3 | d e |
| T14 Silica Gel (+25% del peso de semilla por 48 h) | 56 | c | 6,3 | e |
| T15 Silica Gel (= del peso de semilla por 48 h) | 85,3 | a b | 4,3 | b c d |
| T16 Silica Gel (-25% del peso de semilla por 72 h) | 56,6 | c | 5,3 | d e |
| T17 Silica Gel (+25% del peso de semilla por 72 h) | 26 | d | 4,3 | b c d |
| T18 Silica Gel (= del peso de semilla por 72h) | 68,6 | b c | 4 | a b c |
| T19 Secado a la Sombra (por 24 h) | 99,3 | a | 3 | a |
| T20 Secado a la Sombra (por 48 h) | 97,3 | a | 3 | a |
| T21 Secado a la Sombra (por 72 h) | 95,3 | a | 4 | a b c |
| | CV= 4,59 | | CV=9,33 | |
| | SE \bar{x} =18,67 | | SE \bar{x} =9,25 | |
| | p<0,0001 | | p<0,0001 | |

XX = Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos
 Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a Tukey al 0,05%

4.1.1 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

En el cuadro 4.1., se refleja el análisis de esta variable que establece diferencias estadísticas altamente significativa entre los tratamientos con cuatro rangos de igualdad o similitud de acuerdo a Tukey al 0,05% (anexo 1). El mayor porcentaje de germinación lo obtuvo el tratamiento T19 (secado a la sombra por 24h) con 99,3%, el cual estadísticamente es igual a los tratamientos T1 (CaCl₂ -25% por 24h) T2 (CaCl₂ +25% por 24h), T3 (CaCl₂ =peso por 24h), T4 (CaCl₂ -25% por 48h), T5 (CaCl₂ +25% por 48h), T6 (CaCl₂ =peso por 48h), T7 (CaCl₂ -25% por 72h), T8 (CaCl₂ +25% por 72h), T9 (CaCl₂ =peso por 72h), T10 (Silica Gel -25% por 24h), T11 (Silica Gel +25% por 24h), T12 (Silica Gel =peso por 24h), T13 (Silica Gel -25% por 48 h), T15 (Silica Gel =peso por 48h), T20 (secado a la sombra por 48h), T21 (secado a la sombra por 72h) y diferente estadísticamente al resto de tratamientos, cabe señalar que el menor porcentaje de germinación lo obtuvo el tratamiento T17 (Silica gel +25% del peso de semilla por 72h) con 26%.

DISCUSIÓN

El secado a la sombra puede ser una forma efectiva de reducir el contenido de humedad de las semillas en ambientes en donde la HR es baja (menos del 40%); entre más baja sea la humedad, más efectivo será el proceso de secado (Rao *et al.*, 2007). El proceso de secado, y el período de tiempo que se precisa depende de la humedad y la temperatura del aire natural. (FAO, 1991). Lo que concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación.

4.1.2 DÍAS A LA GERMINACIÓN

El cuadro 4.1., establece el análisis estadístico de la variable de días a la germinación y permitió establecer que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos así como la existencia de cinco

rangos de similitudes estadísticas entre ellos (Anexo 2). Los tratamientos en los cuales se logró una germinación en el menor número de días fueron T19(secado a la sombra por 24h), T20(Secado a la Sombra por 48h) con 3 días, los cuales son estadísticamente iguales a los tratamientos T1(CaCl₂ -25% por 24h), T2(CaCl₂ +25% por 24h), T3(CaCl₂ =peso por 24h); T7(CaCl₂-25% por 72h), T8(CaCl₂+25% por 72h), T9(CaCl₂ =peso por 72h), T10(Sílica Gel -25% por 24h), T11(Sílica Gel+25% por 24h), T18(Sílica Gel =peso por 72h) Y T21(Secado a la Sombra por 72h) y diferentes estadísticamente al resto de tratamientos, el tratamiento que obtuvo el mayor número de días para la germinación fue el T14 (Sílice Gel +25% por 48h) con 6,3 días a la germinación.

DISCUSIÓN

Dado que el secado natural contribuye a mejorar la germinabilidad, el secado de semillas maduras puede incrementar su capacidad germinativa (Kermode, 1995) cuando la semilla madura se sometió a secado, la germinación fue significativamente superior.

Cuando puede ser extraída del fruto y expuesta a secado, ya sea con aire caliente o ambiental, y lograr una germinabilidad >90%, que es un nivel aceptable (Pérez *et al.*, 2008). Si la semilla no esta bien madura, un proceso lento de secado permite que la semilla complete su maduración y este lista para almacenamiento y germinación. Por ello es recomendable este tipo de secado debido a que no destruya la semilla y nos dará mejores resultados en la germinación de esta.

4.1.3 PORCENTAJE DE EMERGENCIA DE PLANTULA

En el cuadro 4.2., se presenta el análisis estadístico de la variable: porcentaje de emergencia de plántula establece diferencias altamente significativas entre los tratamientos y la existencia de cuatro rangos de igualdad estadística, según Tukey al 0,05%(anexo 3). El tratamiento que obtuvo el mayor porcentaje de emergencia de plántula fue el tratamiento T5 (CaCl₂ +25% por 48h) con 84,6% y el de menor porcentaje lo obtuvo el tratamiento T1 (CaCl₂ -25% por 24h) con 31,3%.

DISCUSIÓN

La composición molecular del cloruro de calcio es más fácil que capte las moléculas de agua haciéndolas más libres y fácil de utilizarlas. Se puede deducir que el cloruro de calcio, son las sales con mayor efecto positivo en la velocidad de secado, es decir ayudan a una mayor remoción de agua, permitiendo que el proceso de secado sea más eficiente (Guzmán, 2008). La cual coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación.

4.1.4 DÍAS A LA EMERGENCIA DE PLANTULA

En el cuadro 4.2., el análisis estadístico de esta variable permitió establecer diferencias significativas entre los tratamientos y dos rangos de igualdad entre ellos, según Tukey al 0,05% (anexo 4). El tratamiento en el cual se obtuvo una emergencia de plántula en el menor tiempo fue T19 (Secado a la Sombra por 24h) con 8,6 días y el de mayor tiempo para la emergencia de plántula fue el tratamiento T17 (Silica Gel +25% por 72h) con 13,6 días (cuadro 4.2)

DISCUSIÓN

Ellis y Robert (1989), plantean que los valores bajos en el contenido de humedad de la semilla no producen efectos negativos en su proceso de germinación, cuando utilizaron como agente desecante la silica gel. Cuando se seca a la sombra o en silica gel la semilla está menos expuesta al calor y se conservan mejor sus atributos fisiológicos (Calderón, 2009). Coincidiendo con Gómez Campo (2007) citado por Calderón (2009) quien comprobó que las semillas se conservan por mucho más tiempo cuando el contenido de humedad es menor lo cual resulta primordial, desecando las mismas con silica gel. Lo que concierne con la actual investigación.

Cuadro 4.2 Porcentaje de Emergencia de la Plántula y Días a la Emergencia de la Plántula en la investigación: DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN OPTIMA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACION EN SEMILLA DE GUAYACAN ROSADO (TABEBUIA ROSEA BERTOL. A DC.)

| Tratamiento | PORCENTAJE DE EMERGENCIA DE PLANTULA | | DIAS A LA EMERGENCA DE PLANTULA | |
|--|--------------------------------------|---------|---------------------------------|---------------------|
| | XX | | X | |
| T1 ClCa (-25% del peso de semilla por 24 h) | 31,3 | | d | 9,3 |
| T2 ClCa (+25% del peso de semilla por 24 h) | 36 | | c d | 9 |
| T3 ClCa (= del peso de semilla por 24 h) | 48,6 | a b c d | | 9 |
| T4 ClCa (-25% del peso de semilla por 48 h) | 53,3 | a b c d | | 13 |
| T5 ClCa (+25% del peso de semilla por 48 h) | 84,6 | a | | 10 |
| T6 ClCa (= del peso de semilla por 48 h) | 58 | a b c d | | 13 |
| T7 ClCa (-25% del peso de semilla por 72 h) | 65,3 | a b c | | 10,3 |
| T8 ClCa (+25% del peso de semilla por 72 h) | 64 | a b c | | 11 |
| T9 ClCa (= del peso de semilla por 72 h) | 84 | a | | 9,6 |
| T10 Silica Gel (-25% del peso de semilla por 24 h) | 57 | a b c d | | 9 |
| T11 Silica Gel (+25% del peso de semilla por 24 h) | 38,6 | b c d | | 9 |
| T12 Silica Gel (= del peso de semilla por 24 h) | 57 | a b c d | | 9,3 |
| T13 Silica Gel (-25% del peso de semilla por 48 h) | 71 | a b | | 9,6 |
| T14 Silica Gel (+25% del peso de semilla por 48 h) | 76 | a | | 10,6 |
| T15 Silica Gel (= del peso de semilla por 48 h) | 82 | a | | 9,3 |
| T16 Silica Gel (-25% del peso de semilla por 72 h) | 71 | a b | | 11 |
| T17 Silica Gel (+25% del peso de semilla por 72 h) | 58,6 | a b c d | | 13,6 |
| T18 Silica Gel (= del peso de semilla por 72h) | 72,6 | a b | | 10,3 |
| T19 Secado a la Sombra (por 24 h) | 72,6 | a b | | 8,6 |
| T20 Secado a la Sombra (por 48 h) | 54 | a b c d | | 11,3 |
| T21 Secado a la Sombra (por 72 h) | 54,6 | a b c d | | 10 |
| | CV =9,18 | | | CV =15,23 |
| | SE \bar{x} =18,4 | | | SE \bar{x} =49,59 |
| | p= <0,0001 | | | p= 0,0058 |

X= Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

XX= Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos

Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a Tukey al 0,05%

4.2 ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SEMILLAS DE GUAYACÁN ROSADO QUE PERMITA SU GERMINACION.

El análisis de los resultados obtenidos permitió establecer que el método de temperatura alta constante (ISTA 2005) es la mejor técnica para medir la concentración de humedad de las semillas frescas consiguiendo un porcentaje de 8,69%. Ya que entre más baja el contenido de humedad mayor será el tiempo de su conservación. Según ISTA 2005. Los resultados se lo pueden apreciar en el (cuadro 4.1 anexo 5)

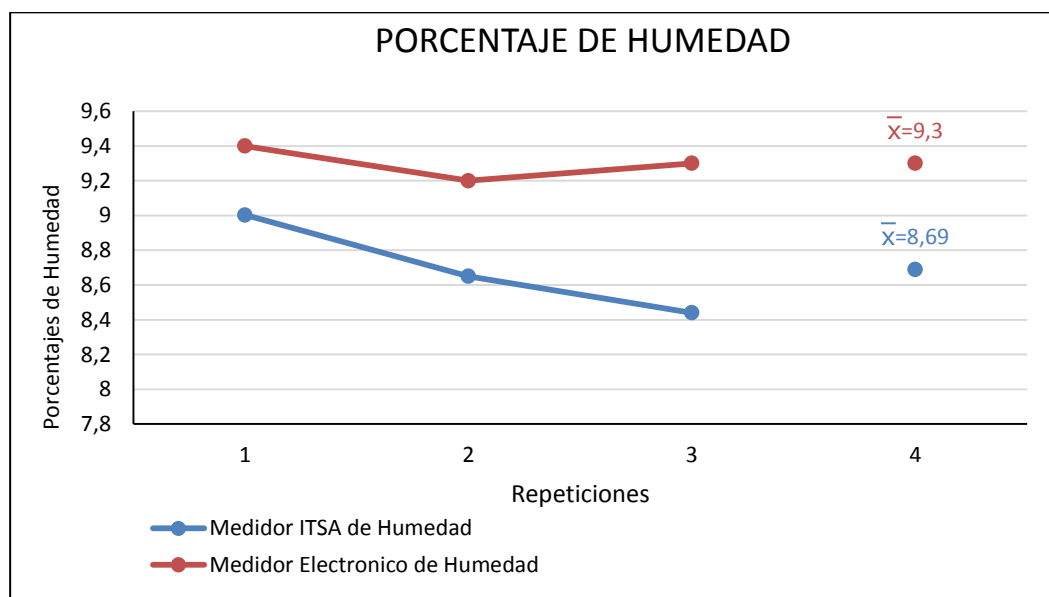


Gráfico 4.1. Porcentaje de Humedad en la investigación: DETERMINACIÓN DE LA CONDICION ÓPTIMA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE GUAYACÁN ROSADO (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.) (Autores)

4.3 MEDICIÓN DE LAS CURVAS DE NIVEL DE PERDIDA DE HUMEDAD PARA LA GERMINACION DE LAS SEMILLAS DE GUAYACÁN ROSADO.

Los datos obtenidos mediante la aplicación de las curvas de nivel de pérdida de humedad concuerdan con lo establecido por Jara (1997), donde indica que la condición de almacenamiento de semillas ortodoxas completamente maduras generalmente se beneficia del secado hasta el 6-8% de contenido de humedad. Según Rao *et al.*, (2007) el secado a la sombra puede ser una forma efectiva de reducir el contenido de humedad de las semillas en ambientes en donde la HR es baja (menos del 40%) entre más baja sea la humedad, más efectivo será el proceso de secado. El secado a la sombra es particularmente útil para el proceso de secado inicial como se lo realizó en el presente estudio y concuerda con los resultados de la investigación.

En los banco de germoplasma para la especie objetivo se reciben semillas con un contenido de humedad inicial de aproximadamente 33%, y se deben secar a un contenido de humedad de $8 \% \pm 1$ para almacenarlas. En el gráfico que ilustra este texto (Gráfico 4.2), las líneas que van de la curva hasta el eje del tiempo (eje X) indican 6 y 30 horas, aproximadamente. La diferencia entre los dos valores ($30 - 6 = 24$ horas) es el tiempo que se requiere para secar las semillas y llevarlas a un contenido de humedad que permita su conservación.

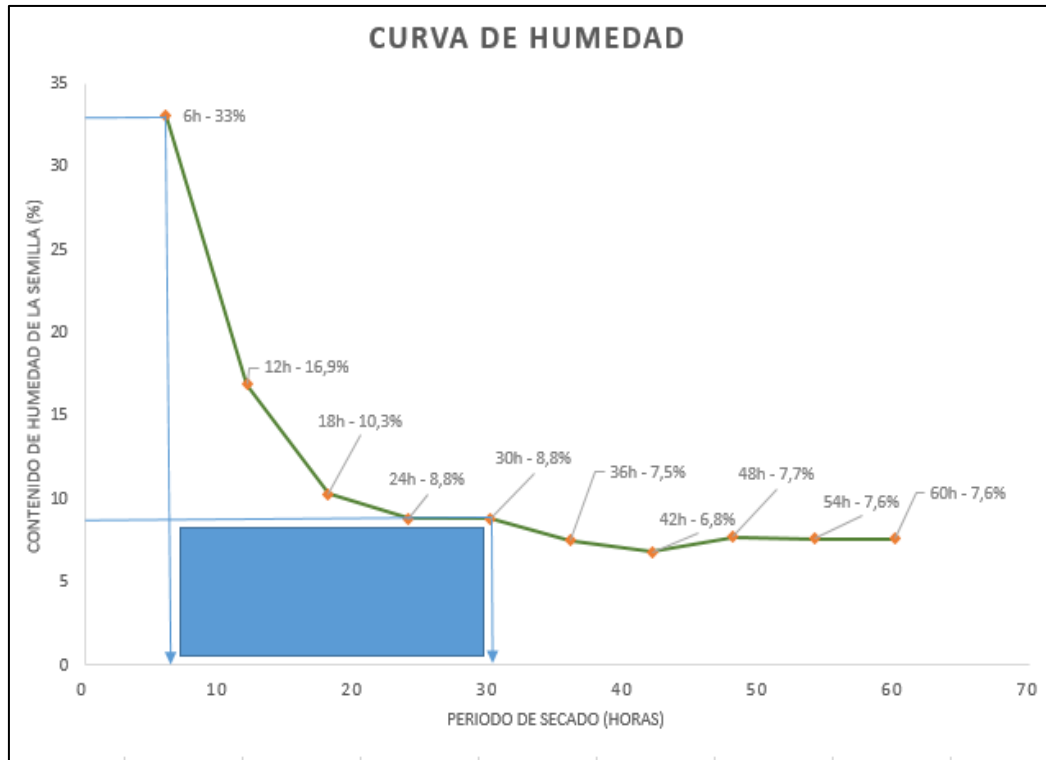


Gráfico 4.2 Curvas de Humedad de la investigación: DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE HUMEDAD EN SEMILLA DE GUAYACÁN ROSADO (*Tabebuia rosea* Bertol A. DC.) PARA SU GERMINACIÓN. (Autores)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Los resultados permitieron concluir que:

- ✓ El secado a la sombra por 24 horas fue el mejor tratamiento para esta especie por lo que debe ser considerada como una estrategia complementaria para la germinación de la semilla.
- ✓ Se propone el secado al horno como una técnica para determinar el contenido de humedad de las semillas de Guayacán Rosado, considerando que esta es destructiva para la misma sin embargo se la utiliza siempre y cuando se tenga una cantidad considerable de esta.
- ✓ Las curvas de nivel de pérdida de humedad más adecuadas estaban entre el 6 al 8% para la germinación de las semillas de Guayacán Rosado.

5.2 RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones se recomienda:

- ✓ Realizar otras investigaciones con guayacán rosado utilizando el porcentaje de humedad antes y después de los diferentes tipos de secados.
- ✓ Realizar distintas curvas de pérdida de humedad con diferentes tiempos para poder comparar con las curvas elaboradas.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, G.S. (1958): Factors affecting the Viability and Germination Behaviour of Coniferous Seed. For. Chronicle Vol. 34, № 3: 266–298.
- Bonner, F.T. 1974. Seed Testing. En Seeds of woody plants in the United States, Agriculture Handbook № 450. For. Service, USDA, Wáshington D.C.
- Bonner, F.T. 1978. Almacenamiento de semillas de latifolias. Información sobre Recursos Genéticos Forestales № 7 FAO, Roma.
- Bonner, F.T. 1981. Measurement and management of tree seed moisture. Res. Paper SO-177, Southern Forest Experiment Station, USDA Forest Service.
- Bonner, F.T. y Turner, B.J. 1980. Rapid measurement of the moisture content of large seeds. Tree Planters' Notes Vol. 31, № 3, USDA Forest Service.
- Calderón, S. 2009. Evaluación de alternativas de secado y conservación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), calabaza (*Cucurbita moschata* Duch.) y maíz (*Zea mays* L.) para condiciones de Agricultura Urbana. La Habana. CUB. (En línea). Consultado, 11 de abril. 2016. Formato PDF. Disponible en <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwil0vCr7IfMAhUH1hoKHUQjAHYQFggwMAM&url=http%3A%2F%2Fwww.ausc.co.cu%2Findex.php%2Ftesis-de-maestria%3Fdownload%3D10%3Aevaluacion-de-alternativas-de-secado-y-conservacion-de-semillas&usq=AFQjCNEH4iUzNRMO4fn3dqLss8XuoD6Ckw&bvm=bv.119028448,bs.1,d.dmo>
- Chien, C.T. and T.P. Lin. 1994. Mechanism of hydrogen peroxide in improving the germination of *Cinnamomum camphora* seeds. Seed Sci. Technol. 22: 231-236.
- CORANTIOQUIA (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia).2007. Manejo de las Semillas y la Propagación de Diez Especies Forestales del Bosque Húmedo Tropical. Boletín Técnico Biodiversidad No. 2. Medellín, CO. p 71.
- Ellis, R.H. , T.D. Hong y E.H, Roberts, 1989. A comparison of the low – moisture Content limit to logarithmic relation between seed moisture and longevity. Annals of Botany 61, 405-408.

- ESPAM- MFL. (Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López). 2004 .Estación meteorológica.
- Esquivel, H.E. 2009. Flora arbórea de la Ciudad de Ibagué. Universidad del Tolima.
- Evenari, M. 1957. The physiological action and biological importance of germination inhibitors. Symp. Soc. Exp. Biol. 11: 21–43. Univ. Press, Cambridge.
- Everson, L.E, e Isley, D. 1951. Favourable conditions for seed germination. Proc. Ass. Off. Seed Anal. Proceeding Assays of Seed Analys (41): 59-62.
- FAO, 1991. Guía Para La Manipulación De Semillas Forestales .Formato en línea. Consultado el día jueves 20 de noviembre del 2015.Disponible en <HTTP://WWW.FAO.ORG/DOCREP/006/AD232S/AD232S00.HTM#TOC>.
- FAO, 2011. Semillas en emergencias. Manual técnico. Roma. (En línea). Consultado, 28 de nov.2015. Formato PDF. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i1816s.pdf>
- Farrant, J.M., N.W. Pammenter, and P. Berjak. 1988. Recalcitrance - a current assessment. Seed Sci. Technol. 16: 155-166.
- Gálvez, C. 2006. Almacenamiento y conservacion de semillas. (En línea). Consultado, 25 de nov.2015. Formato PDF. Disponible en http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/5_ALMACENAMIENTO_Y_CONSERVACION_DE_SEMILLAS.PDF
- Giamminola, Eugenia Mabel; Nahuel Morandini, Marcelo; de Viana, Marta Leonor Respuesta a la desecación y a la temperatura de almacenamiento del germoplasma de *Prosopis nigra* (Grisebach) Hieron. y *Ziziphus mistol* Griseb. Gestión y Ambiente, vol. 15, núm. 1, febrero-mayo, 2012, pp. 19-25 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia. . (En línea). Consultado, 23 de nov.2015. Formato PDF. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424101003>
- Gómez, M. 2010. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUÍA, un paso hacia su conservación. Volumen I. Medellín, CO. P 228.
- Gordon, A.G. 1979. Uso y abastecimiento de semillas forestales en Chile. Doc. de trabajo № 16, FO: DP/CHI/76/003 Investigación sobre desarrollo forestal, Santiago de Chile.

- _____ y Rowe, D.C.F. 1982. Seed manual for ornamental trees and shrubs. For. Comm. Bull. 59, HMSO, Londres.
- Guzmán, V. 2008. Estudio del Efecto de los Pre Tratamientos en las Características Físicas y Sensoriales del Tomate Deshidratado. (En línea). Consultado, 11 de abril. 2016. Disponible en https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HYiDUGVuZGsJ:https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11543/1/desarrollo_tesis.doc+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=ec
- Harrington, J.F. 1970. Seed and Pollen Storage for Conservation of Plant Gene Resources. En genetic resources in plants - their exploration and conservation, Handbook № 11. International Biological Programme, Londres.
- _____ J.F. 1972. Seed storage and longevity. En: Seed Biology. Vol 3 (T.T. Kozlowsky, ed). Academic Press, Reino Unido. 8p.
- Hong, T.; Linington, S y Ellis, R., 1998. Compendium of Information on Seed Storage Behaviour vol. I. y II. The Royal Botanical Gardens Kew, Reino Unido.
- ISTA. 1976. International Rules for seed testing. Rules and annexes. International Seed Testing Association, Seed Sci. and Technol. 4, 3–177.
- ISTA. 2005. International Rules for Seed Testing. Edición 2005. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Suiza. Sitio en internet: www.seedtest.org.
- Jaramillo, A. 2014. Especies forestales amenazadas Ecuador. Consultado en línea. <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/junio-22-del-2014/especies-forestales-amenazadas-Ecuador>.
- Jara, L. 1997. Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales. Adap y edi téc Turrialba, C.R. CATIE. Proyecto de Semillas Forestales Danida Forest Seed Centre. Turrialba. CR.
- Justice, O.L. 1972. Essentials of seed testing. Seed Biology. Ed. T.T. Kozlowski-Academic Press, Nueva York 3: 301-370.
- Kermode, AR. 1995. Regulatory mechanisms involved in transition from seed development to germination: between the embryo and the seed environment. En Kigel J, Galili G (Eds.) Seed Development and Germination. Dekker. Nueva York, EEUU. pp. 273-332.
- Kioko, J., J. Albrecht, and S. Uncovsky. 1993. Seed collection and handling. In: J. Albrecht (ed.), Tree seed handbook of Kenya. GTZ Forestry Seed

- Centre, Muguga, Kenya. German Development Cooperation, Kenya Forestry Seed Centre, Nairobi, Kenya. pp: 30-54.
- Krugman, S.L., Stein, W.I. y Schmitt, D.M. 1974. Seed Biology. En Seeds of woody plants in the United States, Agriculture Handbook Nº 450. Forest Service. USDA, Wáshington, D.C.
- Larrasoána, I. 2010. Influencia de la temperatura y tiempo de secado en la calidad de las hojas de *Cymbopogon Citratus* D.C. STAF. (En Línea). Bra. Consultado, 11 de abril. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/2263/577279.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Magini, E. 1962 Aparatos y procedimientos para la manipulación de las semillas forestales II: Tratamientos sanitarios, almacenamiento, ensayo de semillas y transporte. *Unasyuva* 16(1) 20–35.
- Marassi, M. 2008. Métodos de Análisis de Semillas. (En línea). Consultado, 28 de nov.2015. Formato PDF. <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Metodos%20de%20 analisis%20de%20semillas>.
- Maury-Lechon, G., A.M. Hassan, and D. Bravo. 1981. Seed Storage of *Shorea parvifolia* and *Dipterocarpus humeratus*. *Malaysian Forester* 44: 267-280.
- Pérez, I; Gonzales, V; Molina J; Ayala O; Peña A. 2008. Efecto de desarrollo y secado de semillas de *physalis ixocarpa* brot en germinación, vigor y contenido de azúcares. (En línea). Consultado, 11 de abril. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008001000011
- Pérez, M. y Rebollar, S. 2004. Reservas extractivas ¿Alternativa para la conservación de especies forestales? (En línea).EC. Consultado, 06 de mayo 2015. Formato PDF. Disponible en <http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/10.2/perez%20y%20rebollar.pdf>
- Rao, N.K., J. Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Novell y M. Larinde. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Bioversity International, Roma, Italia.
- Rossini, O., Valdés, M., Andres, F., Márquez C. y Bueso López, M., 2006. Germinación de las semillas en algunas especies americanas de Fabaceae y Bignoniacea cultivadas en Sevilla (España). *Lagascalía* 26: 119- 129.

Stubsgaard, F y Poulsen, K. 2003. Humedad de las semillas y principios de secado. (En línea). Consultado, 28 de nov.2015. Formato PDF. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0013S/a0013s03.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1 TABLA DE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN, ANÁLISIS DE VARIANZA.

| | | % Germinación | | | |
|-----|------------------|---------------|-----|-----|-----|
| | Tratamiento | R1 | R2 | R3 | |
| T1 | ClCa -25 | 82 | 86 | 82 | |
| T2 | ClCa +25 | 84 | 66 | 78 | 24h |
| T3 | ClCa =peso | 98 | 94 | 96 | |
| T4 | ClCa -25 | 90 | 96 | 92 | |
| T5 | ClCa +25 | 82 | 94 | 90 | 48h |
| T6 | ClCa =peso | 88 | 80 | 90 | |
| T7 | ClCa -25 | 90 | 82 | 84 | |
| T8 | ClCa +25 | 76 | 76 | 84 | 72h |
| T9 | ClCa =peso | 94 | 88 | 96 | |
| T10 | silica gel -25 | 96 | 100 | 92 | |
| T11 | silica gel +25 | 92 | 88 | 92 | 24h |
| T12 | silica gel =peso | 84 | 92 | 96 | |
| T13 | silica gel -25 | 76 | 72 | 80 | |
| T14 | silica gel +25 | 56 | 52 | 60 | 48h |
| T15 | silica gel =peso | 76 | 88 | 92 | |
| T16 | silica gel -25 | 58 | 48 | 64 | |
| T17 | silica gel +25 | 22 | 24 | 32 | 72h |
| T18 | silica gel =peso | 82 | 82 | 42 | |
| T19 | Secado sombra | 98 | 100 | 100 | 24h |
| T20 | Secado sombra | 98 | 98 | 96 | 48h |
| T21 | Secado sombra | 94 | 94 | 98 | 72h |

| % DE GERMINACIÓN | | | | | |
|------------------|-------|----|----|----|---------|
| F.V. | SC | GI | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 77,68 | 20 | 4 | 21 | <0,0001 |
| TRATAMIENTO | 77,68 | 20 | 4 | 21 | <0,0001 |
| Error | 7,92 | 42 | 0 | | |
| Total | 85,6 | 62 | | | |

| % DE GERMINACIÓN | | | | |
|--------------------------|----|------------|------|------|
| VARIABLE | N | R2 | AJ | CV |
| % GERMINACION | 63 | 0,91 | 0,86 | 4,59 |
| ERROR TIPICO DE LA MEDIA | | 1,72828569 | | |

Anexo 2 TABLA DE DIAS A LA GERMINACIÓN, ANÁLISIS DE VARIANZA

| Días a la Germinación | | | | | |
|-----------------------|------------------|----|----|----|-----|
| | Tratamiento | R1 | R2 | R3 | |
| T1 | ClCa -25 | 4 | 4 | 4 | |
| T2 | ClCa +25 | 4 | 4 | 4 | 24h |
| T3 | ClCa =peso | 3 | 4 | 4 | |
| T4 | ClCa -25 | 5 | 4 | 4 | |
| T5 | ClCa +25 | 5 | 5 | 4 | 48h |
| T6 | ClCa =peso | 5 | 5 | 4 | |
| T7 | ClCa -25 | 4 | 4 | 4 | |
| T8 | ClCa +25 | 4 | 4 | 4 | 72h |
| T9 | ClCa =peso | 4 | 4 | 4 | |
| T10 | silica gel -25 | 4 | 3 | 4 | |
| T11 | silica gel +25 | 4 | 4 | 4 | 24h |
| T12 | silica gel =peso | 5 | 5 | 5 | |
| T13 | silica gel -25 | 6 | 5 | 5 | |
| T14 | silica gel +25 | 6 | 7 | 6 | 48h |
| T15 | silica gel =peso | 5 | 4 | 4 | |
| T16 | silica gel -25 | 6 | 5 | 5 | |
| T17 | silica gel +25 | 5 | 4 | 4 | 72h |
| T18 | silica gel =peso | 4 | 4 | 4 | |
| T19 | Secado sombra | 3 | 3 | 3 | 24h |
| T20 | Secado sombra | 3 | 3 | 3 | 48h |
| T21 | Secado sombra | 4 | 4 | 4 | 72h |

| DIAS A LA GERMINACIÓN | | | | | |
|-----------------------|-------|----|----|----|---------|
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 35,75 | 20 | 2 | 11 | <0,0001 |
| TRATAMIENTO | 35,75 | 20 | 2 | 11 | <0,0001 |
| Error | 6,67 | 42 | 0 | | |
| Total | 42,41 | 62 | | | |

| DIAS A LA GERMINACIÓN | | | | | |
|--------------------------|----|------------|------|------|------|
| VARIABLE | N | R2 | AJ | CV | |
| DIAS A LA GERMINACION | 63 | | 0,84 | 0,77 | 9,33 |
| ERROS TIPICO DE LA MEDIA | | 9,25462072 | | | |

Anexo 3 TABLA DE PORCENTAJE DE EMERGENCIA DE PLANTULA, ANÁLISIS DE VARIANZA.

| % Emergencia | | | | | |
|--------------|-------------|----|----|----|-----|
| | Tratamiento | R1 | R2 | R3 | |
| T1 | ClCa -25 | 32 | 34 | 28 | |
| T2 | ClCa +25 | 38 | 36 | 34 | 24h |
| T3 | ClCa =peso | 62 | 46 | 38 | |
| T4 | ClCa -25 | 56 | 52 | 52 | |

| | | | | | |
|-----|------------------|-----|----|----|-----|
| T5 | ClCa +25 | 86 | 82 | 86 | 48h |
| T6 | ClCa =peso | 62 | 60 | 52 | |
| T7 | ClCa -25 | 62 | 62 | 72 | |
| T8 | ClCa +25 | 72 | 66 | 54 | 72h |
| T9 | ClCa =peso | 82 | 84 | 86 | |
| T10 | silica gel -25 | 88 | 40 | 43 | |
| T11 | silica gel +25 | 45 | 38 | 33 | 24h |
| T12 | silica gel =peso | 43 | 55 | 73 | |
| T13 | silica gel -25 | 68 | 75 | 70 | |
| T14 | silica gel +25 | 100 | 75 | 53 | 48h |
| T15 | silica gel =peso | 88 | 83 | 75 | |
| T16 | silica gel -25 | 73 | 85 | 55 | |
| T17 | silica gel +25 | 68 | 53 | 55 | 72h |
| T18 | silica gel =peso | 95 | 63 | 60 | |
| T19 | Secado sombra | 70 | 76 | 72 | 24h |
| T20 | Secado sombra | 62 | 52 | 48 | 48h |
| T21 | Secado sombra | 76 | 40 | 48 | 72h |

% EMERGENCIA

| F.V. | SC | GI | CM | F | p-valor |
|-------------|-------|----|----|---|---------|
| Modelo. | 60,85 | 20 | 3 | 5 | <0,0001 |
| TRATAMIENTO | 60,85 | 20 | 3 | 5 | <0,0001 |
| Error | 23,51 | 41 | 1 | | |
| Total | 84,35 | 61 | | | |

Anexo 4 TABLA DE DIAS A LA EMERGENCIA DE PLANTULA, ANÁLISIS DE VARIANZA.

| Días a la Emergencia | | | | | | | | |
|----------------------|----------------|----|----|--------------------------|----|-----------|--------|------|
| Tratamiento | R1 | R2 | R3 | | | | | |
| | | | | % DE EMERGENCIA | | | | |
| | | | | VARIABLE | N | R2 | R2. AJ | CV |
| | | | | % EMERGENCIA | 62 | 0,72 | 0,59 | 9,18 |
| | | | | ERROR TIPICO DE LA MEDIA | | 18,406679 | | |
| T1 | ClCa -25 | 9 | 10 | 9 | | | | |
| T2 | ClCa +25 | 8 | 10 | 9 | | | 24h | |
| T3 | ClCa =peso | 10 | 9 | 8 | | | | |
| T4 | ClCa -25 | 15 | 13 | 11 | | | | |
| T5 | ClCa +25 | 10 | 10 | 10 | | | 48h | |
| T6 | ClCa =peso | 15 | 11 | 13 | | | | |
| T7 | ClCa -25 | 11 | 10 | 10 | | | | |
| T8 | ClCa +25 | 11 | 11 | 11 | | | 72h | |
| T9 | ClCa =peso | 10 | 10 | 9 | | | | |
| T10 | silica gel -25 | 8 | 10 | 9 | | | | |

| | | | | | |
|-----|------------------|----|----|----|-----|
| T11 | silica gel +25 | 8 | 10 | 9 | 24h |
| T12 | silica gel =peso | 9 | 11 | 8 | |
| T13 | silica gel -25 | 11 | 10 | 8 | |
| T14 | silica gel +25 | 9 | 9 | 14 | 48h |
| T15 | silica gel =peso | 10 | 10 | 8 | |
| T16 | silica gel -25 | 11 | 9 | 13 | |
| T17 | silica gel +25 | 9 | 16 | 16 | 72h |
| T18 | silica gel =peso | 9 | 11 | 11 | |
| T19 | Secado sombra | 9 | 8 | 9 | 24h |
| T20 | Secado sombra | 10 | 13 | 11 | 48h |
| T21 | Secado sombra | 10 | 10 | 10 | 72h |

| DIAS A LA EMERGENCIA | | | | | |
|----------------------|--------|----|----|---|---------|
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 123,94 | 20 | 6 | 3 | 0,0058 |
| TRATAMIENTO | 123,94 | 20 | 6 | 3 | 0,0058 |
| Error | 103,33 | 42 | 2 | | |
| Total | 227,27 | 62 | | | |

| DIAS A LA EMERGENCIA | | | | |
|--------------------------|----|------------|--------|-------|
| VARIABLE | N | R2 | R2. AJ | CV |
| DIAS A LA EMERGENCIA | 63 | 0,55 | 0,33 | 15,23 |
| ERROS TIPICO DE LA MEDIA | | 49,5943799 | | |

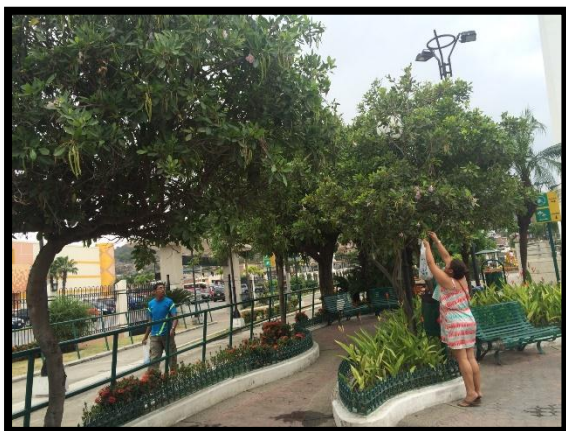
Anexo 5 TABLA DE ESTIMACIÓN DE LA CONCENTRACION DE HUMEDAD PORCENTAJE DE HUMEDAD

| Medidor ITSA de Humedad | Medidor Electrónico de Humedad |
|-------------------------|--------------------------------|
| 9,0033 | 9,4 |
| 8,65 | 9,2 |
| 8,44 | 9,3 |
| 8,69 | 9,3 |
| $\bar{X}=8,69$ | $\bar{X}=9,3$ |

Anexo 6 TABLA DE DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE NIVEL DE PÉRDIDA DE HUMEDAD

| Horas | % de Humedad |
|-------|--------------|
| 6 | 33 |
| 12 | 16,9 |
| 18 | 10,3 |
| 24 | 8,8 |
| 30 | 8,8 |
| 36 | 7,5 |
| 42 | 6,8 |
| 48 | 7,7 |
| 54 | 7,6 |
| 60 | 7,6 |

Anexo 7: RECOLECTA DE SEMILLAS FORESTALES EN EL SITIO (PORTOVIEJO)



Anexo 2.1 Recolección de semillas forestales, en el parque del Paseo Shopping de Portoviejo.



Anexo 2.2 Vainas de Guayacan Rosado recolectadas, en el parque del Paseo Shopping de



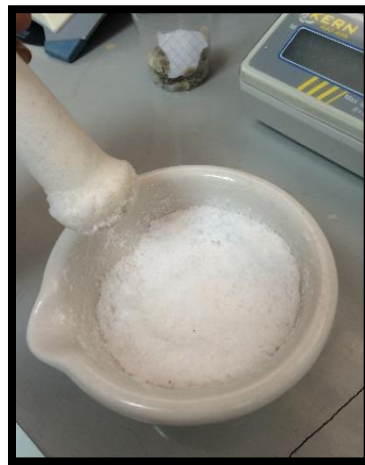
Anexo 2.3 Semillas de Guayacan Rosado recolectadas, en el parque del Paseo Shopping de Portoviejo.

ANEXO.8: MEZCLA DEL SUSTRATO (ARENA DE RIO 1-1 HUMUS)



Anexo 3.1 Mezcla de sustrato

ANEXO.9: Preparación para el Secado de Semillas de Guayacan Rosado con Cloruro de Calcio Anhidro



Anexo 4.1 Conteo de Semillas para cada tratamiento

Anexo 4.3 Colocación de tratamientos para el secado con Cloruro de Calcio Anhidro



Anexo 4.4 Tratamiento de +25% para el secado con Cloruro de Calcio Anhidro



Anexo 4.5 Tratamientos de Secado con Cloruro de Calcio Anhidro