

RESPUESTA DE LA SEMILLA DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth) A DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO¹.

RESPONSE OF SEED TREE TOMATO (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth) AT DIFFERENT STORAGE CONDITIONS¹.

Jamith Arturo Ortiz Vélez²; Johan Javier Ante Ortiz²; Hernando Criollo Escobar³; Germán Chaves Jurado⁴.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Biología Molecular y en el invernadero de la Universidad de Nariño, sede Torobajo, San Juan de Pasto. Se utilizaron semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), extraídas de frutos recolectados en el Corregimiento de San Juan, Municipio de Ipiales (Nariño). El objetivo consistió en evaluar el efecto del recipiente, la temperatura y el contenido inicial de humedad de las semillas sobre su potencial de almacenamiento. Se realizó evaluaciones cada 30 días, determinando el porcentaje de germinación, vigor (Días a emergencia) y viabilidad de las semillas de tomate de árbol, almacenadas en recipientes plásticos, bolsas de papel y lienzo; a dos temperaturas 4.5°C (nevera) y 19.6°C (ambiente) y dos contenidos de humedad iniciales de la semillas de 6.07% y 10.37%, durante un periodo de 180 días. Se aplicó un diseño DIA con arreglo trifactorial, analizando los datos mediante análisis de varianza y pruebas de Tukey con un nivel de significancia del 95%. Las semillas almacenadas en nevera en los tres recipientes propuestos, conservaron mucho más su potencial germinativo, viabilidad y vigor durante los 180 días de almacenamiento comparado con el almacenaje en ambiente natural. El factor tipo de recipiente, obtuvo diferencia con el recipiente plástico el cual obtuvo una media de germinación durante todo el ensayo de 74,8%, diferenciándose de las bolsas de lienzo y papel con una germinación de 68,9% y 67,4% respectivamente; En el factor temperatura se encontró mayor respuesta en nevera con una media de germinación de 74,1% a diferencia de la temperatura ambiente con una media de germinación de 66,6%. Para el factor contenido de humedad inicial de la semilla se reportaron diferencias estadísticas en el experimento a la sexta evaluación.

Palabras Clave: *Solanum betaceum*, germinación, vigor, contenido humedad, semilla.

ABSTRACT

-
- 1 Trabajo de grado para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. 2010.
 - 2 Estudiantes Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. jamithortiz@gmail.com; johan.ante@gmail.com.
 - 3 M.Sc. Docente asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. E-mail: hcriollo@udenar.edu.co
 - 4 I.A. Docente asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

The present work was performed in the Molecular Biology laboratory and at the greenhouse of the University of Nariño, home Torobajo, San Juan de Pasto. The seeds of tree tomato (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth) were extracted from fruits harvested in the township of San Juan, Municipality of Ipiales (Nariño). The objective was to evaluate the effect of container, temperature and initial humidity content of seeds in storage potential. The Evaluations were carried out every 30 days by determining the percentage of germination, vigor (days to emergence) and seed viability of tree tomato, stored in plastic containers, paper bags and linen, at two temperatures 4.5 ° C (refrigerator) and 19.6 ° C (ambient) and two initial moisture content of the seeds of 6.07% and 10.37%, over a period of 180 days. A DIA design with trifactorial arranges was applied, analyzing the data using ANOVA and Tukey tests with significance level of 95%. The seeds stored in a refrigerator in the three proposed containers, retained much potential germination, viability and vigor during the 180 days of storage compared to storage in the natural environment. The factor kind of container difference with the plastic container which gained an average of germination during the test of 74.8%, differing from the linen and paper bags with a germination of 68.9% and 67.4% respectively; The temperature factor was found greater response in refrigerator with an average germination of 74.1% in contrast to the ambient temperature with an average germination of 66.6%, for the initial moisture content factor of the seed was not reported statistical differences in the experiment to the sixth assessment.

Keywords: *Solanum betaceum*, germination, vigor, moisture content, seed.

INTRODUCCIÓN

Los frutales andinos, entre los cuales se encuentra el tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth) son una alternativa productiva para los agricultores de la zona altoandina. Esto deriva de una serie de consideraciones como son: existencia de amplia variabilidad genética, presencia de nichos ecológicos adecuados para la producción, posibilidades de creación de capital a nivel de los productores, potencial agroindustrial, aceptación de las frutas por parte de los consumidores locales y de otras regiones del mundo y el ser estas especies una alternativa de diversificación de cultivos ilícitos (CORPOICA, *et. al.* 2004).

El tomate de árbol ha adquirido cierto desarrollo en Colombia y Ecuador, con siembras a pequeña escala en Perú y Venezuela. Los cultivos se han desarrollado con materiales locales, altamente diversos, lo cual conlleva a desuniformidad del producto y por ende problemas para el procesamiento. Adicionalmente, por el tamaño reducido de muchas de las poblaciones hay tendencia a pérdida de genes y homocigosis, lo cual conduce a vulnerabilidad ante las plagas y enfermedades (CORPOICA, *et. al.* 2004).

Existen tres tipos de frutas clasificadas comercialmente, de color rojo, amarillo y morada o violeta y su consumo en Colombia se extiende por todo el país y se cultiva en todo el territorio, mostrando una amplia adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas (García, *et. al.* 2001).

La expectativa de exportación del tomate de árbol se enfoca actualmente hacia Europa y Estados Unidos entre otros países, debido a la creciente demanda de la fruta que ya se ha hecho conocida por sus características de alto valor nutricional y medicinal, por ello se debe enfocar el cultivo de acuerdo con la demanda del mercado externo, que exige conceptos de calidad alimentaria, es decir cumplir con las exigencias de calidad física, químicas y fisiológicas del producto, pero las limitaciones en determinadas instancias son los volúmenes requeridos (Soria, 2002).

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth) es una planta de amplia importancia dentro de los frutales andinos, es por esto que debe dársele gran importancia en la conservación de sus recursos genéticos y ser utilizada en programas de mejoramiento, con

el fin de garantizar buenas producciones a largo plazo. Para evitar el deterioro y la pérdida de las propiedades fisiológicas se ha visto la necesidad de identificar ambientes y empaques que faciliten llevar a cabo un almacenamiento adecuado, de tal manera que se preserve la buena calidad del producto por un mayor tiempo.

Hasta el momento, como apoyo al desarrollo del tomate de árbol, en el componente genotípico se ha realizado colecta, caracterización y evaluación de índole morfológica y química de las poblaciones obtenidas, lo cual ha permitido detectar amplia variabilidad en la colección de (*S. betaceum* (Cav.) Sendth) y especies relacionadas. (Lobo *et al.*, 2002).

El manejo de semillas en almacenamiento requiere un cuidado especial en lo referente al contenido de humedad y temperatura de secado, factores que influyen directamente sobre el vigor y viabilidad durante el almacenamiento. Para esto es necesario conocer y aprovechar al máximo los niveles óptimos de contenido de humedad y almacenamiento, de tal manera que se pueda garantizar la conservación de la calidad de las semillas (Bischoff y Fernández, 2000).

Para la realización del presente estudio se planteó los siguientes objetivos:

- Evaluar el potencial de almacenamiento de las semillas en diferentes temperaturas y diferentes recipientes.
- Determinar el efecto del contenido inicial de humedad de la semilla de tomate de árbol sobre su vigor germinativo

MATERIALES Y METODOS

Localización. El presente estudio se llevó a cabo en el invernadero y laboratorio de Biología Molecular de la Universidad de Nariño, sede Torobajo. Ubicados a una altura de 2559 m.s.n.m.

Obtención de semillas. Las semillas de Tomate de Árbol se obtuvieron de frutos del material rojo común, del corregimiento de San Juan, perteneciente al municipio de Ipiales (Nariño). La totalidad de los frutos fueron seleccionados en un mismo cultivo, de plantas sanas, uniformes, con desarrollo vigoroso, que presentaron buenas características fisiológicas, con buenos rendimientos y buenas características agronómicas, de frutos completamente maduros y de la parte central de la planta.

Extracción de las semillas. Se realizó de forma manual separando la pulpa del pericarpio mediante cortes de los frutos con un cuchillo de mesa y utilizando una cucharilla de acero inoxidable, posteriormente se dejó fermentar las semillas por un periodo de 24 horas, se efectuó varios lavados con el fin de eliminar el mucílago que recubre a la semilla.

Secado de la semilla. Primero se realizó un pre-secado de la semilla, la cual consistió en extender las semillas sobre papel periódico a temperatura ambiente y a la sombra, durante 8 días; inmediatamente después se llevó a un horno o incubadora a una temperatura máxima de 60°C durante 10 y 14 horas, tiempo en la cual se alcanzó los contenidos de humedad del 10.37 y 6.07% respectivamente. Posteriormente se llevaron estas semillas a un desecador con Cloruro de Calcio Anhidro (CaCl₂), por 35 minutos para ser enfriadas evitando la absorción de humedad del ambiente.

Prueba de viabilidad. La determinación de la viabilidad de las semillas, se efectuó por medio de la prueba del tetrazolio (cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio) al 0.5%, para lo cual se empleó el 10% del total de las semillas utilizadas en cada tratamiento, las cuales se mantuvieron en remojo durante 24 horas previa a la prueba.

A las semillas preparadas se les practicó una separación de los cotiledones, sumergiendo al embrión en la solución de tetrazolio, durante un periodo de cuatro horas en condiciones de oscuridad. La interpretación se realizó con base en la extensión de la “mancha” roja carmín, que se desarrolla en el tejido vivo, viable cuando la tinción es de forma total y homogénea y no viable cuando la tinción es parcial o nula (Cabrera y Meza, 2002). Previo a cada

evaluación sugerida se determinó la viabilidad de las semillas durante el periodo de almacenamiento, evidenciando el buen estado del embrión de las semillas.

Diseño experimental. Se trabajó aplicando un diseño **DIA**, en un arreglo trifactorial 2*3*2 con cuatro repeticiones. El estudio fue conformado por 48 unidades experimentales, de los cuales cada unidad experimental albergó alrededor de 500 semillas, utilizando aproximadamente un total de 24.000 semillas durante el proceso de experimentación. Los tratamientos se conformaron por tres factores:

- **Factor A.** Condiciones de temperatura de almacenamiento. (Medio ambiente natural y en nevera).
- **Factor B.** Tipo de Recipientes. (Envases plásticos, Bolsas de Tela y Bolsas Papel).
- **Factor C:** Contenido de humedad de la semilla. (6.07 y 10.37%).

TRATAMIENTOS.

La totalidad de los tratamientos que conformaron en el presente estudio, fueron puestos en contenedores de Poliestireno Espumado (icopor), ya que este material de textura compacta ayuda a mantener la temperatura (caliente o frío) por más tiempo; además no permite la filtración hacia afuera o al interior del contenedor.

Almacenamiento de las semillas. El almacenamiento del lote de semillas se realizó bajo dos condiciones de temperatura; la primera se estableció a temperatura ambiente de laboratorio, aproximadamente a una media de 19.6°C; la segunda temperatura se realizó de manera controlada en la parte media de la nevera aproximadamente a 4.5°C, monitoreando las temperaturas frecuentemente por medio de termómetros de máximas y mínimas.

Recipientes. Los recipientes utilizados tienen las siguientes características:

- 48 bolsas de papel pequeñas de 9 cm. x 5,5 cm., selladas con cinta adhesiva.
- 48 bolsas de tela, elaboradas en lienzo de 9 cm. x 6 cm., selladas con hilo.
- 48 envases plásticos con tapa rosca de 25 cms³, sellados herméticamente.

Contenido de humedad de las semillas. Se determinó por el método de diferencia de peso, tomando dos muestras de 3g de semillas en cajas metálicas, para ser pesadas en fresco y luego someterlas al secado en el horno a una temperatura de 60°C durante 10 y 14 horas; inmediatamente después, se llevaron al desecador y luego de enfriarlas se pesaron, para finalmente calcular el porcentaje de humedad con la fórmula propuesta por España (1977). Los resultados obtenidos en cuanto al contenido de humedad de las semillas después del secado fueron 10.37 y 6.07%; contenidos de humedad de las semillas ideales para el establecimiento de los tratamientos.

$$\% \text{ Humedad} = (M_2 - M_3) \times \frac{100}{(M_2 - M_1)}$$

Donde:

%H = Base húmeda

M₁ = Peso en gramos del recipiente y su tapa

M₂ = Peso en gramos del recipiente, su tapa y contenido antes del secado.

M₃ = peso en gramos del recipiente, su tapa y contenido después del secado.

VARIABLES EVALUADAS.

Porcentaje de germinación. El porcentaje de germinación se calculó con base en 4 muestras de 50 semillas cada una, colocadas en cámara húmeda sobre papel filtro humedecido con agua destilada. Este porcentaje se evaluó cuando la radícula emergió por el micrópilo y alcanzó 3 a 4 mm. de longitud, siendo estas calificadas como semillas germinadas. Con los datos recolectados se calculó el porcentaje de germinación con base en la siguiente fórmula propuesta por España (1977):

$$\% \text{ Germinación} = \frac{(\text{Semillas Germinadas})}{(\text{Semillas Evaluadas})} \times 100$$

Vigor (Velocidad de emergencia). El vigor de las semillas se evaluó sembrando cuatro muestras de 50 semillas en bandejas de Poliestireno Espumado (icopor), con sustrato de suelo y arena en relación de dos partes de suelo por una de arena fina. El conteo de plántulas emergidas se realizó diariamente a partir de la primera emergencia hasta cuando ésta se estabilizó. La plántula se consideró emergida cuando el hipocótilo se elevó por sobre la superficie del sustrato. Así mismo, las plántulas contabilizadas fueron descartadas de las bandejas para evitar realizar conteos de las mismas plántulas. Para determinar el vigor se tuvo en cuenta el criterio de índice de vigor basado en la fórmula propuesta por Edmon y Drapala (1958).

$$M = \frac{(N_1 G_1) + (N_2 G_2) + \dots + (N_n G_n)}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

Donde:

- M = Numero promedio de días de emergencia.
- N₁ = Numero de días al primer conteo.
- G₁ = Plántulas normales en el primer conteo.
- N₂ = Numero de días al segundo conteo.
- G₂ = Plántulas normales en el segundo conteo.
- N_n = Numero de días del n-ésimo día.
- G_n = Plántulas normales en el n-ésimo conteo.

El análisis de la información se realizó mediante Análisis de Varianza y pruebas de Tukey con un nivel de significancia del 95%. En las mediciones de vigor, los valores más altos, correspondieron a un vigor bajo y los valores menores correspondieron a un alto vigor.

RESULTADOS Y DISCUSION

Evaluación 1 (30 días de almacenamiento).

Germinación. El Análisis de Varianza detecta diferencias estadísticas altamente significativas en cuanto a los factores temperatura y tipos de recipientes; no se encontraron diferencias estadísticas para el factor humedad ni para las interacciones (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de Varianza para las variables porcentaje de germinación y vigor, en la primera evaluación (con 30 días de almacenamiento), de semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), para los diferentes tipos de temperatura, empaques y contenido de humedad.

| F.V. | Gl | Cuadrados medios | |
|----------------|----|---------------------|--------------------|
| | | Germinación (%) | vigor (Días) |
| Temperatura | 1 | 972** | 13,55** |
| Humedad | 1 | 8,33 ^{ns} | 6,24 ^{ns} |
| Recipiente | 2 | 284,08** | 0,47 ^{ns} |
| Temp*Hum | 1 | 1,33 ^{ns} | 0,03 ^{ns} |
| Temp*Recip | 2 | 67,75 ^{ns} | 0,88 ^{ns} |
| Hum*Recip | 2 | 7,58 ^{ns} | 0,50 ^{ns} |
| Temp*Hum*Recip | 2 | 0,58 ^{ns} | 0,04 ^{ns} |
| Error | 36 | 37,83 | 1,66 |
| C.V. (%) | | 8,27 | 3.07 |

N.S Diferencias no significativas

* Diferencias significativas al 0.05%

**Diferencias significativas al 0.01%

La prueba de comparación de medias de Tukey para temperatura (Tabla 2), indica que cuando las semillas fueron colocadas en temperatura de 4.5°C (almacenamiento refrigerado), hubo un porcentaje de germinación del 78.92%, diferenciándose estadísticamente de las semillas que fueron colocadas a 19.6 °C (ambiente natural), dato calculado en 68.92%. Este comportamiento probablemente se debe a la reducción de la tasa respiratoria cuando la semilla es almacenada a bajas temperaturas y otros procesos metabólicos que evitan el daño del embrión.

Al respecto Hartmann y Kester, (1975) y Bradbeer (1994), afirman que la viabilidad y el vigor declinan rápidamente a altas temperaturas y en menor proporción con temperaturas bajas; la temperatura es tal vez el factor ambiental más importante que regula la germinación y controla el crecimiento posterior de las plántulas.

Aunque son muchos los factores que pueden afectar la germinación y por consiguiente, la emergencia de las plántulas, la temperatura juega uno de los papeles más importantes (Nacimiento, 2005). Sin embargo, diversos autores están de acuerdo en que no existe una temperatura óptima general, pues cada especie presenta un rango de temperatura óptima particular para germinar; dentro de este rango se pueden presentar diferencias marcadas entre cultivares (Lopes y Pereira, 2005).

Tabla 2. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable porcentaje de germinación después de 30 días de almacenamiento de semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), en diferentes tipos de temperatura.

| Temperatura | Medias | |
|-------------------|--------|---|
| Nevera (4.5°C) | 78,92 | a |
| Ambiente (19.6°C) | 69,92 | b |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Ahora bien, la prueba de comparación de medias Tukey para recipientes (Tabla 3), indica que la mayor germinación se presentó cuando las semillas se colocaron en recipientes plásticos con un valor de 79,13%, diferenciándose estadísticamente de recipientes como lienzo y papel, con promedios de 73,13 y 71%, respectivamente.

Esto posiblemente se debe, tanto a la hermeticidad como a la reducida permeabilidad del recipiente de plástico, el cual garantiza que se conserven mucho más las características originales de la semilla, evitando el declive acelerado y muerte del embrión, lo cual se presentó en una proporción mucho mayor, cuando la semilla fue almacenada en recipientes de papel y lienzo, respectivamente.

Ello coincide con lo reportado por Barros *et al.* (2002) y Guberac *et al.* (2003) y se explica por la baja actividad metabólica de la semilla en esa oferta ambiental de temperatura y humedad relativa bajas.

Condiciones de alta humedad en las semillas y elevadas temperaturas durante el almacenamiento, asociadas con la permeabilidad de los recipientes de papel y lienzo, son condiciones que facilitan la absorción de agua y conducen al envejecimiento acelerado y muerte de semillas (Salinas *et al.*, 1998; Cardona *et al.*, 2005). Así mismo, este proceso de deterioro destruye el sistema de membranas celulares causando perjuicios en la capacidad de retención de solutos y su lixiviación y representa un excelente sustrato para el desarrollo de microorganismos (Lin, 1990; Santos *et al.*, 2005).

Tabla 3. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable porcentaje de germinación después de 30 días de almacenamiento de semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), en diferentes tipos de recipiente.

| Recipiente | Medias | |
|------------|--------|---|
| Plástico | 79,13 | a |
| Lienzo | 73,13 | b |
| Papel | 71,00 | b |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Índice de Vigor (Velocidad de emergencia). El Análisis de Varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas para el factor temperatura (Tabla 1), demostrando que la respuesta del vigor de las semillas almacenadas depende de uno de los factores más importantes en la germinación y por consiguiente la emergencia, como lo es la temperatura de almacenamiento.

La prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable vigor en cuanto a la temperatura (Tabla 4), indica que la velocidad de emergencia de las plántulas correspondientes al tratamiento de almacenamiento en nevera es de 41.45 días, diferencia

estadística altamente significativa al realizar la comparación con la velocidad de emergencia de las plántulas correspondientes al tratamiento de almacenamiento en ambiente con promedios de emergencia de 42.51 días.

Estos resultados indican que el vigor está influenciado por la temperatura de almacenamiento, que para el caso en nevera con temperaturas bajas, influyó en la velocidad de la emergencia puesto que los cambios bruscos de la humedad influyen en la velocidad de emergencia de las plántulas.

Ellis *et al.* (1988), afirman que la baja humedad obtenida a través de un secado previo mantiene cualidades como germinación y vigor. No obstante altos contenidos y cambios de humedad durante el transcurso del tiempo y almacenamiento, provocan una mayor velocidad de deterioro y por consiguiente lentitud en la germinación, crecimiento inicial, reducción del potencial de almacenamiento y alteraciones en el desarrollo de la planta (Delouche, 1971).

Tabla 4. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable vigor después de 30 días de almacenamiento de semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), en diferentes tipos de temperatura.

| Temperatura | Medias | |
|-------------------|--------|---|
| Ambiente (19.6°C) | 42,51 | a |
| Nevera (4.5°C) | 41,45 | b |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Viabilidad. Los porcentajes de viabilidad durante la primera evaluación de almacenamiento de las semillas (30 días), en diferentes contenidos de humedad, empaques

y temperaturas, presentaron un 90% de viabilidad para recipientes de plástico y papel, mientras que para el recipiente de lienzo se obtuvo un 85% de viabilidad, cuando fueron almacenadas a una temperatura de 4.5 °C; en cuanto al almacenamiento bajo una temperatura de 19.6°C se obtuvo una viabilidad del 90% para el recipiente de plástico y un 85% para los recipientes de lienzo y papel, lo cual demuestra la buena calidad de las semillas utilizadas en el presente estudio (Tabla 5).

Estos resultados se explican en las afirmaciones de autores como UVP (2006), cuando afirman que la reducción del metabolismo, es la clave para mantener la calidad de las semillas alcanzada en el campo y que esta puede conseguirse mediante la utilización de recipientes plásticos, bajando la temperatura y/o deshidratando la semilla. Las bajas temperaturas dan lugar a un metabolismo mucho más lento, por lo que las semillas conservadas bajo estas condiciones viven más tiempo que las conservadas a temperatura ambiente.

En cuanto a las semillas no viables, Hartmann y Kester (1981), afirman que las semillas no viables pudieron sufrir deterioro debido a factores externos provocados por el ataque de patógenos, entre otros, o a la falta de madurez fisiológica.

Tabla 5. Resultados de la viabilidad después de 30 días de almacenamiento de semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), en diferentes tipos de temperatura y recipientes.

| Temperatura | Recipiente | % de Viabilidad. |
|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Nevera | Plástico | 90 |
| | Papel | 90 |
| | Lienzo | 85 |
| Ambiente | Plástico | 90 |
| | Papel | 85 |
| | Lienzo | 85 |

Los datos recolectados en las evaluaciones 2, 3, 4 y 5, fueron sometidos al respectivo Análisis de Varianza, el cual nos mostró una similitud en resultados frente a las evaluaciones 1 y 6. Estas dos evaluaciones fueron las de mayor significancia dentro de la investigación, siendo determinantes para el análisis y discusión de resultados; Por lo tanto se procederá únicamente al análisis y discusión de estas evaluaciones.

Sexta evaluación (180 días de almacenamiento).

Germinación. El Análisis de Varianza detecta diferencias estadísticas altamente significativas en cuanto a los factores temperatura, tipos de recipientes y la interacción temperatura*recipiente. No se encontraron diferencias estadísticas para humedad ni para las demás interacciones (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de Varianza para las variables porcentaje de germinación y vigor, en la sexta evaluación (180 días de almacenamiento), de semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), para los diferentes tipos de temperatura, recipiente y contenido de humedad.

| F.V. | Gl | Cuadrados Medios | |
|-------------|----|--------------------|--------------------|
| | | Germinación (%) | vigor (Días) |
| Temperatura | 1 | 385,33** | 18,5** |
| Humedad | 1 | 12 ^{ns} | 6,45* |
| Recipiente | 2 | 376,08** | 2,33 ^{ns} |
| Temp*Hum | 1 | 8,33 ^{ns} | 0,01 ^{ns} |
| Temp*Recip | 2 | 197,58** | 0,87 ^{ns} |

| | | | |
|----------------|----|--------------------|--------------------|
| Hum*Recip | 2 | 4,75 ^{ns} | 0,23 ^{ns} |
| Temp*Hum*Recip | 2 | 2,58 ^{ns} | 0,61 ^{ns} |
| Error | 36 | 30,44 | 1,13 |
| C.V. (%) | | 7,82 | 2,54 |

N.S Diferencias no significativas

* Diferencias significativas al 0.05%

**Diferencias significativas al 0.01%

En cuanto a la prueba de comparación de medias (Tukey) para la interacción temperatura*recipiente (Tabla 7), indica que se presentó diferencias altamente significativas cuando las semillas se colocaron en recipientes Plásticos y a una temperatura en nevera, con una germinación del 83%, diferenciándose de los demás factores evaluados los cuales oscilaron entre el 69.25 y 68% de germinación.

Tabla 7. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable porcentaje de germinación después de 180 días de almacenamiento de semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), en la interacción temperatura*recipiente.

| Temperatura | Recipiente | Medias | |
|-------------|------------|--------|---|
| Nevera | Plástico | 83 | a |
| Ambiente | Plástico | 69,25 | b |
| Nevera | Lienzo | 69 | b |
| Nevera | Papel | 68,25 | b |
| Ambiente | Lienzo | 68 | b |
| Ambiente | Papel | 66 | b |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Esta situación se puede explicar puesto que, los empaques herméticos no permiten el intercambio de humedad y las semillas conservan su contenido inicial de almacenamiento cuando esto se hace a bajas temperaturas.

Teófilo *et al.* (2004) evaluaron la calidad fisiológica de semillas de aroreira (*Myracrodruon urundeuva Allemao*), bajo condiciones de cámara fría y ambientales durante doce meses; reportaron que el almacenamiento en frío mantuvo la germinación alrededor de 83%; por su parte, las semillas almacenadas bajo condiciones naturales registraron una reducción drástica que llegó a 0% como consecuencia del equilibrio higroscópico de la semilla.

Índice de Vigor (días a emergencia). El Análisis de Varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas para el factor temperatura (Tabla 6), y diferencias estadísticas significativas para el factor humedad, demostrando que la respuesta del vigor en emergencia de las plántulas de las semillas almacenadas, dependen en un alto grado de la temperatura y del el porcentaje de humedad inicial en el almacenamiento.

La prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable vigor en cuanto a la temperatura (Tabla 8), indica que el vigor de las semillas almacenadas en nevera es de 41.22 días, diferencia estadística altamente significativa al realizar la comparación con las semillas almacenadas a temperatura ambiente con promedios de emergencia de 42.46 días.

Esto coincide con lo reportado por Román (1980), quien afirma que las condiciones secas y frescas son las mejores para el almacenamiento de las semillas. Cuando se trata de almacenamiento cerrado el contenido de humedad de las semillas debe ser más bajo que cuando el almacenamiento es abierto.

Tabla 8. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable vigor después de 180 días de almacenamiento de semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), en diferentes tipos de temperatura.

| Temperatura | Medias | |
|-------------------|--------|---|
| Ambiente (19.6°C) | 42,46 | a |
| Nevera (4.5°C) | 41,22 | b |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

El índice de vigor de las semillas al ser almacenadas en diferentes contenidos de humedad presentó diferencias estadísticas significativas como lo muestra la prueba de comparación de medias Tukey (tabla 9). Las semillas con un contenido de humedad del 6.07% reportaron un promedio a emergencia de plántulas de 41.47 días; siendo más rápidas al emerger que las plántulas de las semillas almacenadas con un contenido de humedad del 10.37%, tardando en promedio 42.2 días.

Hong, T y Ellis, R (1996), afirman que el secado artificial, es un medio para disminuir el contenido de humedad en la semilla con lo cual se conservan procesos como la germinación, vigor y viabilidad.

Los resultados obtenidos demuestran que las semillas a los 180 días de almacenamiento todavía no han sufrido un deterioro significativo, Silva (1993), describe que las manifestaciones del deterioro se presentan como reducción en el vigor y crecimiento de las plántulas, mayor susceptibilidad al ataque de microorganismos, de su uniformidad en la emergencia y finalmente, reducción en el rendimiento. Así mismo, se debe tener en cuenta que el almacenamiento de las semillas empieza desde el momento en que estas alcanzan su madurez y terminan cuando se inicia el proceso de la germinación.

Así mismo, Mayorga y Obando (2007), trabajo realizado en uchuva (*Physalis peruviana* L), reportan similar comportamiento, puesto que los valores correspondientes al vigor de las semillas después de 150 días de almacenamiento en condiciones diferentes de temperatura, empaque y contenido de humedad, alcanzaron los mayores indicativos de vigor (menor número de días) que el observado en la primera evaluación (15 días de almacenamiento).

Tabla 9. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable vigor después de 180 días de almacenamiento de semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), en diferentes contenidos de humedad de la semilla.

| Humedad | Medias | |
|---------|--------|---|
| 10.37% | 42,2 | a |
| 6.07% | 41,47 | b |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Viabilidad. Los porcentajes de viabilidad 180 días después de iniciado el almacenamiento de semillas en diferentes recipientes y temperaturas, oscilaron entre 90% de viabilidad para los recipientes de Plástico y Papel; para el recipiente de lienzo se reportó una viabilidad del 85%, cuando se almacenó a una temperatura de nevera; no obstante, cuando se realizó el almacenamiento bajo una temperatura ambiente, se reporto una viabilidad del 85% para los recipientes de Plástico y Papel, mientras que el recipiente de lienzo presentó una viabilidad del 90%, lo cual demuestra una buena calidad de las semillas utilizadas en el presente estudio (Tabla 10).

Al respecto Hartmann y Kester (1990), afirman que condiciones de almacenamiento como: el contenido bajo de humedad de la semilla, la temperatura baja de almacenamiento y modificación de la atmósfera de almacenamiento, mantienen la viabilidad de las semillas ya que reducen la respiración y otros procesos metabólicos sin dañar al embrión.

Tabla 10. Resultados viabilidad durante la sexta evaluación de semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendth), con diferente contenido de humedad de la semilla.

| Temperatura | Recipiente | % de Viabilidad. |
|-------------|------------|------------------|
| Nevera | Plástico | 90 |
| | Papel | 90 |
| | Lienzo | 85 |
| Ambiente | Plástico | 85 |

| | |
|--------|----|
| Papel | 85 |
| Lienzo | 90 |

CONCLUSIONES

- Las semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) sendth) presentaron en sus dos contenidos de humedad buena respuesta germinativa, cuando interactuaron bajo condiciones de almacenamiento hermético (Recipiente de plástico) y con baja temperatura (Ambiente refrigerado).
- El empaque de plástico almacenado a bajas temperaturas, permitió mantener valores altos de germinación, vigor y viabilidad durante los primeros 180 días de almacenamiento.
- El porcentaje de viabilidad que mostraron las semillas de tomate de árbol, cuando fueron almacenadas en diferentes condiciones, nos muestra que hubo un comportamiento similar, en todas y cada uno de las condiciones de almacenamiento propuestas. Esto indica que las diferentes condiciones de almacenamiento no son determinantes respecto a la viabilidad de la semilla.

- El contenido inicial de humedad es determinante en la respuesta del vigor germinativo, ya que los tratamientos que mostraron disminución en los días de emergencia de plántulas, fueron los establecidos con semillas que presentaron un contenido inicial de humedad más bajo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Nariño. Al M.Sc. Hernando Criollo Escobar, presidente de esta investigación; al Ph.D. Tulio Cesar Lagos copresidente de la misma; al I.A. Germán Chaves Jurado y al I.A. Carlos Álvaro Moncayo, jurados delegados para la presente investigación; al I.A. Jorge Vélez Lozano; a nuestros padres y hermanos por su apoyo y colaboración en la realización del estudio; a todas las personas que de una u otra forma colaboraron con la realización del estudio.

BIBLIOGRAFIA

Alvarenga, E. 1984. Influencia da idade e armazenamento pos-coheita dos frutos na qualidade de sementes de melancia. Horticultura brasileira. Vol. 2.

Barros, S. Da Silva, S. Ramos y M. Queiroz. 2002. Qualidade de semente de maxixe armazenadas em diferentes embalagens e ambientes. Rev. Ciência Agrotec. 2(3), 539- 544.

Bischoff, N. y Fernández, N. 2000. Viveros y Semillas. Consideraciones para la cosecha, almacenamiento y germinación de semillas.

<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/viveros/consideraciones.htm>

Bradbeer, J. 1994. Semillas dormantes y germinación. Blackie Academia y Profesional, Londres, p.95-109

Cabrera, Wilson y Meza, Raúl. 2002. Evaluación del contenido de humedad, temperatura y empaque sobre el potencial de almacenamiento de semillas de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 128 p.

Cardona, C; H. Aramendiz; J. Robles; V. López y J. Ubarnes. 2005. Efecto de diferentes ambientes y empaques sobre la viabilidad de semillas de maracuyá (*Pasiflora edulis* var. 'Flavicarpa danger'). Rev. Temas Agrarios 10(2), 15-25.

CORPOICA, Colombia. INIAP, Ecuador. INIA, Perú. UCLA, Venezuela. 2004. Informe Técnico. Proyecto: "Tomate de Árbol, Frutal Promisorio para la diversificación del Agro Andino".

Delouche, J. 1971. Determinants of seed quality. Seed technology laboratory. Mississippi State University, Mississippi.

Edmond, J. y Drapala, W. 1958. The effect of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. Proceeding of the American Society for Horticultural Science. 71: 738-34.

Ellis, R. Hong, T. Roberts, E. 1988. A low-moisture-content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. Annals of Botany 61: 405-408.

España. 1977. Ministerio de Agricultura. Reglas internacionales para ensayos de semillas. Madrid: Danubio, 182 p.

García, J. Navia, J. Castillo, J. 2001. Respuesta del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendth) a la aplicación de fertilizantes situado a dos profundidades del suelo. En: Revista de Ciencias Agrícolas. Vol. 18, Nº 2. Pág. 96.

Guberac, V; S. Maric; A. Lalic; G. Drezner y Z. Zdunic. 2003. Hermetically sealed storage of cereal seeds and its influence on vigour and germination. J. Agron. Crop Sci. 189(1), 54.

Hartmann, H. y Kester, D. 1975. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Editorial Continental S.A. México, p.129-153

Hartmann, H. y Kester, D. 1981. Propagación de plantas: principios y prácticas. México, CECSA. 814p.

Hartmann, H.; Kester, D.; Davis, P. 1990. Plant Propagation: Principles and Practices, 5th ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 647 p

Hong, T. y Ellis, R. 1996. Protocol to determine seed storage behavior. Roma: Internatinal plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 63 p.

Lin, S.S. 1990. Alterações na lixiviação eletrolítica, germinação e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. Rev. Brasil. Fisiol. Vegetal 2(2), 1-6.

Lobo, M; C.I. Medina; O.A. Delgado; M.L. Zuluaga; M. Cardona, y A. Osorio. 2002. Recursos genéticos de frutales andinos en el sistema de bancos de germoplasma del estado colombiano. En: Memorias IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado.

CORPOICA, Universidad Pontificia Bolivariana, C.D.T.F., Medellín, Colombia, 20-22 de Noviembre de 2002.pp.43-48.

Lopes, J.C. y M.D. Pereira. 2005. Germination of cubiu seeds under different substrates and temperatures. Rev. Bras. Sementes. 27(2), 146-150.

Mayorga, M. y Obando, J. 2007. Evaluación de diferentes tipos de empaques, temperatura y contenido de humedad, sobre el potencial de almacenamiento de semillas de uchuva (*Physalis peruviana* L). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia.

Meza, N. y Manzano, J. 2007. Características morfológicas de la semilla, procesos de germinación y emergencia del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendth). Rev. Fav. Agron. (LUZ). 24 Supl. 1: 271-275

Nacimiento, W.M. 2005. Vegetable seed priming to improve germination at low temperature. Hortic. Bras. 23(2), 211-214.

Román, Lucia. 1980. Principios Básicos Para un Buen Almacenamiento de Semillas. ICA Informa. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá, Colombia. Vol. 14, Nº. 1, Pp. 26-30.

Salinas, A.R., O.S.B. Santos, F.A. Villela, B.G. Santos-Filho, L.A. Souza y M.F. Oliveira. 1998. Fisiologia da deterioração em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) durante o armazenamento. Rev. Científica Rural 3(2), 106-118.

Santos, C.M., N.L. Menezes y F.A. Villela. 2005. Physiologic and biochemical alterations in artificially aged bean seeds. Rev. Brasil. Sementes 27(1), 104-114.

Silva, Carlos. 1993. Aspectos relacionados con el deterioro de las semillas. Revista ICA. Produmedios Bogotá, p 137 - 147.

Soria, Norman. 2002. Tecnología del cultivo de tomate de árbol. Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/tecnologia_%20cultiv... - 22k –

Teófilo, E; M. Oliveira; S. Esmeraldo; A. Madeiros; S. y Barbosa, F. 2004. Qualidade fisiológica de sementes de aroreira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em função do tipo de embalagem, ambiente e tipo de armazenamento. Rev. Ciencia Agronômica 35(2), 371-376.

UPV. 2006. Universidad Pontificia de Valencia. Germinación de Semillas. Parte III, tema 17. España. http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm