

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFFECTO DE LA DISMINUCIÓN DE HUMEDAD Y
CONSERVACIÓN DE SEMILLAS DEL PAN DE ARBOL
(*Artocarpus camansi* F. Blanco) EN EL PROCESO DE
GERMINACIÓN**

Para optar el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

Elaborado por

DAVID FERNANDO HUAMÁN ALCEDO

Tingo María – Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (062) 562341 (062) 561136 Fax. (062) 561156 E.mail: fagro@unas.edu.pe

"Año de la Universalización de la Salud"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Nº 00 -2020-FA-UNAS

BACHILLER : David Fernando Huamán Alcedo

TÍTULO : EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SEMILLAS
DEL PAN DE ARBOL (*Artocarpus camansi* F. Blanco) EN EL PROCESO
DE GERMINACIÓN

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing. M.Sc. Giannfranco Egoávil Jump.
VOCAL : Ing. M.Sc. Jorge Luis Adriazola del Águila
VOCAL : Ing. M.Sc. Jaime Joseph Chávez Matías

ASESOR : Ing. M.Sc. Carlos Miranda Armas
Ing. Luz Elita Balcazar Terrones

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 27 de mayo de 2021

HORA DE SUSTENTACIÓN : 10:00 a.m.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Equipo de sustentación de Tesis de la plataforma Microsoft Teams

CALIFICATIVO : APROBADO

RESULTADO : BUENO

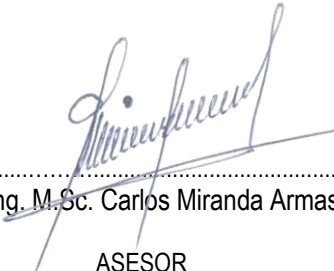
OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 28 DE MAYO DE 2021


Ing. M.Sc. Giannfranco Egoávil Jump.
PRESIDENTE


Ing. Mg. Sc. Jorge Luis Adriazola del Águila
VOCAL


M.Sc. Jaime J. CHAVEZ MATIAS
Miembro de jurado de tesis


Ing. M.Sc. Carlos Miranda Armas
ASESOR


Ing. Luz Elita Balcazar Terrones
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por ser nuestro creador, amparo
y fortaleza, quien nos da sabiduría para
enfrentar obstáculos y seguir adelante
aún en los momentos más difíciles.

A mi madre Margarita Alcedo Romero
por ser el pilar más importante en mi
vida y por el apoyo incondicional que me
brinda.

AGRADECIMIENTOS

- A mi madre Margarita Alcedo Romero, cuyo apoyo fue indispensable y sumamente importante para la realización de este trabajo de investigación.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Alma Mater y a los docentes de la Facultad de Agronomía quienes contribuyeron con sus conocimientos en mi formación profesional.
- Al Ing. Carlos Miguel Miranda Armas e Ing. Luz Elita Balcazar Terrones, asesores del presente trabajo, por su constante y desinteresada orientación, por su invalorable apoyo técnico, metodológico y científico.
- A los miembros de jurado de tesis: al presidente Ing. M. Sc. Giannfranco Egoavil Jump; y vocales Ing. M. Sc. Jorge Luis Adriazola Del Águila e Ing. M. Sc. Jaime Josseph Chávez Matías.
- Al Ing. Rafael Robles Rodríguez, Ing. Joel Gonzales Rodríguez y todos los amigos que me brindaron su apoyo durante la ejecución.
- Al laboratorio de semillas y al Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP) por haberme permitido usar sus instalaciones para llevar a cabo el experimento.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	- 14 -
II. REVISIÓN DE LITERATURA	- 16 -
2.1. <i>Artocarpus camansi</i> F. blanco (pan de árbol).....	- 16 -
2.1.1. Origen y distribución	- 16 -
2.1.2. Taxonomía.....	- 16 -
2.1.3. Botánica.....	- 17 -
2.1.4. Ecología.....	- 19 -
2.1.5. Fenología.....	- 20 -
2.1.6. Usos del pan árbol.....	- 21 -
2.1.7. Propagación	- 22 -
2.2. Germinación	- 23 -
2.2.1. Generalidades	- 23 -
2.2.2. Tipos de germinación	- 24 -
2.3. Almacenamiento de semillas.....	- 25 -
2.3.1. Generalidades	- 25 -
2.3.2. Principales métodos de almacenamiento	- 25 -
2.3.3. Tipos de semillas que se pueden almacenar.....	- 27 -
2.3.4. Factores que afectan la duración de la semilla almacenada	- 30 -

III. MATERIALES Y MÉTODOS	- 34 -
3.1. Lugar del campo experimental	- 34 -
3	
.3.1.1. Ubicación del campo experimental.....	33
.3.1.2. Registro meteorológico.....	34
3.2. Materiales y equipo	- 36 -
.3.2.1. Material vegetativo	35
3.2.2. Materiales de laboratorio y campo.....	35
3.3. Diseño estadístico	- 37 -
6	
3.3.1. Componentes en estudio.....	- 37 -
6	
3.3.2. Tratamientos en estudio	- 37 -
6	
3.3.3. Diseño experimental	- 38 -
7	
3.3.4. Análisis estadístico	- 39 -
8	
3.4. Metodología	- 43 -
2	
3.4.1. Obtención de frutos	- 43 -
2	

3.4.2.	Obtención de semillas	- 43 -
	2	
3.4.3.	Determinación de porcentaje de humedad en semillas ..	- 43 -
	2	
3.4.4.	Dsecación de la semilla	- 44 -
	3	
3.4.5.	Conservación de semillas.....	- 45 -
	4	
3.4.6.	Determinación de viabilidad de semillas.....	- 46 -
	5	
3.4.7.	Determinación de poder germinativo	- 46 -
	5	
3.4.8.	Caracterización biométrica de las plantas obtenidas.....	- 47 -
	6	
3.5.	Ejecución del experi	- 48 -
	7	
3.5.1.	Fase de campo	- 48 -
	7	
3.5.2.	Fase de laboratorio.....	- 48 -
	7	
3.5.3.	Fase de vivero	- 49 -
	8	

3.6. Variables evaluadas	- 50 -
49	
3.6.1. Viabilidad de semillas	- 50 -
49	
3.6.2. Poder germinativo	- 51 -
49	
3.6.3. Longitud de raíz	- 51 -
0	
3.6.4. Volumen de raíz	- 51 -
0	
3.6.5. Diámetro de tallo	- 52 -
1	
3.6.6. Altura de planta	- 52 -
1	
3.6.7. Número de hojas	- 52 -
1	
3.6.8. Peso fresco de semilla.....	- 52 -
1	
3.6.9. Peso seco de semilla.....	- 53 -
2	
3.6.10. Desección de semillas	- 53 -
2	

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 54 -
3	
4.1. Influencia de la humedad y temperatura en la viabilidad de las semillas de <i>Artocarpus camansi</i>	- 54 -
3	
4.1.1. Viabilidad de las semillas de <i>Artocarpus camansi</i> después del almacenamiento	- 54 -
3	
4.1.2. Poder germinativo	- 57 -
6	
4.1.3. Desarrollo de planta	- 65 -
4	
V. CONCLUSIONES	- 83 -
2	
VI. RECOMENDACIONES.....	- 84 -
3	
VII. RESUMEN.....	- 85 -
4	
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	- 88 -
7	
IX. ANEXO	- 95 -

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Composición nutricional de la semilla del pan de árbol en 100 g (RAGONE, 2006).....	18
2. Efectos del porcentaje de humedad en las semillas (FAO, 2013).	31
3. Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento en el periodo de julio a octubre del año 2019.....	34
4. Descripción de los tratamientos en estudio.	37
5. Esquema del análisis de variancia.....	38
6. Interpretación de coeficientes de correlación	41
7. Temperatura de almacenamiento por tratamiento.....	45
8. Análisis de variancia para la viabilidad de las semillas de <i>Artocarpus camansi</i> después del almacenamiento.....	53
9. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) de la viabilidad de semillas de <i>Artocarpus camansi</i> , habiendo sido almacenadas por 5 semanas.	54
10. Análisis de variancia para el poder germinativo de las semillas de <i>Artocarpus camansi</i> , habiendo sido almacenadas por 5 semanas.....	57
11. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para el poder germinativo de semillas de <i>Artocarpus camansi</i> , almacenadas durante 5 semanas y evaluadas durante un periodo de 10 semanas.	58

12. Poder germinativo (%) a diferentes temperaturas (°C)(media $\pm$ error estándar) con semillas almacenadas por 5 semanas y luego de 10 semanas de evaluación	60
13. Promedio del poder de germinativo (%) a diferentes niveles de reducción de la humedad (%) (Media $\pm$ error estándar) con semillas almacenadas por 5 semanas y luego de 10 semanas de evaluación..	62
14. Correlación de Pearson entre las variables temperatura y humedad ..	63
15. Análisis de variancia para la longitud de raíz de las plantas de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.	64
16. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para la longitud de raíz de plantas de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.	65
17. Coeficiente de Pearson de la longitud radicular con la temperatura y humedad de evaluación.....	66
18. Análisis de variancia para el volumen de raíz de las plantas de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.	69
19. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para el volumen de raíz de plantas de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.	70

20. Correlación de Pearson para la humedad y temperatura con el volumen radicular	71
21. Análisis variancia para el diámetro del tallo de las plantas de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.	74
22. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para el diámetro del tallo de plantas de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.	75
23. Análisis de variancia para la altura de planta de las plantas de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas	76
24. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para la altura de planta de plantas de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.	77
25. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables temperatura y humedad con respecto a la altura de planta.	78
26. Análisis de variancia del número de hojas por planta de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.....	80
27. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para el número de hojas por planta de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Mapa de ubicación del experimento.	33
2. Tipos de correlación	40
3. Gráfico de la ecuación lineal de la correlación entre la viabilidad y el poder germinativo de las semillas de <i>Artocarpus camansi</i> , con semillas almacenadas por 5 semanas.	56
4. Curva del porcentaje de poder germinativo de semillas de <i>Artocarpus camansi</i> durante diez semanas, con semillas almacenadas por 5 semanas y evaluadas durante 10 semanas..	59
5. Regresión lineal entre la temperatura del almacenamiento y el poder germinativo de semillas de <i>Artocarpus camansi</i> , con semillas almacenadas por 5 semanas y evaluadas durante 10 semanas.	61
6. Ecuación lineal entre la disminución del porcentaje de humedad (%) y el poder germinativo (%) de semillas de <i>Artocarpus camansi</i> , con semillas almacenadas por 5 semanas y evaluadas durante 10 semanas	63
7. Regresión lineal entre la temperatura de almacenamiento y la longitud radicular.	67
8. Regresión lineal de la disminución de la humedad con la longitud radicular.	67

9.	Ecuación lineal de la correlación entre la altura de planta y la longitud de raíz en plantas de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.....	68
10.	Regresión lineal de la disminución de la humedad con el volumen radicular.....	70
11.	Regresión lineal entre la temperatura de almacenamiento y el volumen radicular	70
12.	Regresión lineal entre la altura de planta y el volumen de raíz de planta de <i>Artocarpus camansi</i> , obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas	73
13.	Regresión lineal de la disminución de la humedad (%H) con respecto a la altura de planta	78
14.	Regresión lineal de la temperatura de almacenamiento (°C) con respecto a la altura de planta.....	79

I. INTRODUCCIÓN

Artocarpus camansi F. blanco pertenece a la familia de las Moráceas. Es una planta originaria de Nueva Guinea, Indonesia y las Filipinas, se desarrolla usualmente en bosques tropicales a una altitud de 0-1500 msnm y a una temperatura que varía entre 21 - 32 °C.

El fruto es altamente consumido en el Perú y otros países de clima tropical debido al alto valor nutricional. La pulpa del fruto se puede consumir rostizada, horneada, frita o hervida y las semillas también se pueden consumir rostizadas o de diferentes maneras; además de su uso como alimento su madera es utilizada en construcciones de casas, por su gran dureza.

Debido a todas estas características es una planta muy atractiva para incrementar sus áreas de cultivo. Sin embargo, una característica suya resulta inconveniente para que ello pueda ser llevado a cabo, posee una semilla del tipo recalcitrante, esto hace que su propagación tenga que ser mediante la siembra inmediata de sus semillas, lo que lleva a un problema si se quiere tener un cultivo uniforme en edad y época de cosecha.

Para propósitos de almacenamiento de semillas, se clasifican las semillas en tres tipos: semillas ortodoxas, recalcitrantes e intermedias. Las semillas del tipo recalcitrante son semillas muy delicadas, pierden viabilidad con facilidad y eso hace que no puedan ser almacenadas por mucho tiempo; razón por la que tratar de almacenar lotes de semillas recalcitrantes para luego sembrar en grandes extensiones de terreno y tener un cultivo de edad uniforme o poder

tener un banco de genes, con la finalidad de conservar la diversidad genética para futuras investigaciones y/o trabajos de mejoramiento genético, puede resultar difícil. Por esta razón se debe encontrar la manera más adecuada para aumentar el tiempo en almacenamiento de las semillas manteniendo su viabilidad.

Por lo indicado se plantea la hipótesis que por lo menos un nivel de los tratamientos de humedad y temperatura en estudio debe prolongar la viabilidad de las semillas por más tiempo y reportar el poder germinativo más alto.

Objetivo general:

1. Determinar el efecto de la deshidratación y conservación de semillas de *Artocarpus camansi* F. blanco en el proceso de germinación.

Objetivos específicos:

1. Determinar la influencia de la humedad y la temperatura en la viabilidad de las semillas de *Artocarpus camansi* F. blanco.
2. Determinar la metodología adecuada de almacenamiento para mantener el porcentaje de viabilidad más alto de semillas durante el mayor tiempo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. *Artocarpus camansi* F. blanco (pan de árbol)

2.1.1. Origen y distribución

Artocarpus camansi F. blanco, tuvo su origen en las islas Molucas, las Filipinas y en la mayoría de islas del Pacífico donde se encontró en estado salvaje; la primera vez que esta planta fue domesticada fue en el Pacífico occidental, las migraciones y colonizaciones humanas que empezaron hace unos 3.000 años fueron la razón por la que esta planta se distribuyó por el resto del mundo. Con las navegaciones europeas del Mar del Sur en el siglo XVII, se transportaron especies sin semilla de Tahití a Jamaica y San Vicente, y de Tonga a la Martinica y a la Guayana Francesa a través del Mar. Estas variedades polinesias se difundieron más tarde por el Caribe, América Central, América del Sur, África tropical, Madagascar, las Maldivas, las Seychelles, Sri Lanka, el norte de Australia y el sur de Florida, actualmente estas son las zonas donde se pueden encontrar cultivos de árbol del pan (BASANTES, 2010). Actualmente se pueden encontrar en las zonas tropicales de todo el mundo, como por ejemplo en África, Australia, América del Sur y Asia meridional y sudoriental (FAO, 2013).

2.1.2. Taxonomía

FRANCIS y LOWE (2000) sustenta que el pan de árbol tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Dominio : Eucarya.

Reino : Plantae.
Subreino : Fanerógama.
División : Angiosperma.
Clase : Monocotiledónea.
Orden : Rosales.
Familia : Moraceae.
Género : *Artocarpus*.
Especie : *Artocarpus camansi*.

2.1.3. Botánica

El árbol de pan es una especie perenne con hojas durante todo el año, aunque en zonas muy secas las puede perder temporalmente. Existen dos variedades del pan del árbol: una con fruto con semillas, y se conoce comúnmente en el medio como fruta de pan, y otra con un fruto que solo está compuesta de una masa suave y blancuzca, se le conoce como mazapán. El árbol de pan con semillas tiene pequeños aletones en la base del tronco y alcanza una altura de 18 m a más; el tronco, las ramas y hojas contienen un exudado blanco, espeso y viscoso, el follaje es de color verde oscuro, las hojas desarrolladas pueden tener un color amarillento, la madera es rosada, cremosa, liviana, y con una densidad de 0.29 g/ cm³ (Alarcón, 1990, citado por ACERO, 2005).

Las hojas poseen divisiones bien diferenciadas (con lóbulos), son alternas y se agrupan al final de la rama, ésta última va rematada por una estipula larga y amarilla que protege las hojas tiernas en la yema terminal; las hojas

también tienen lóbulos que llegan hasta la parte media, comprendida entre el borde de la hoja y el nervio medio. En ejemplares jóvenes hay hojas que alcanzan 80 cm de longitud, aunque su tamaño promedio es de 55 x 35 cm, también presentan vellosidad en la parte superior de la nerviación; La parte inferior de la hoja es de color verde oscuro brillante, con nerviación amarillas (ACERO, 2005).

Este es un árbol del tipo monoico (un árbol posee tanto flores masculinas como femeninas); las inflorescencias masculinas son las que se desarrollan primero, estas tienen una forma de cilindro con un diámetro de hasta 3 cm y una longitud de 25 a 35 cm o mayor. Miles de pequeñas flores con dos anteras están conectadas a un esporangio central. Las inflorescencias femeninas consisten en 1500 a 2000 pequeñas flores conectadas a un esporangio central (BASANTES, 2010).

La infrutescencia desarrollada se conforma de la unión de muchos gineceos sincárpicos; esta generalmente tiene una forma redonda, ovalada u oblonga y mide entre 13 y 20 cm de largo y 7 a 12 cm de diámetro, con un peso promedio aproximado de 800 g (RAGONE, 2006). La piel se compone de entre cinco y siete capas, cada una de las cuales pertenece a una flor individual. La textura es suave y carnosa, su color oscila entre el verde claro, el verde amarillento, y el amarillo (BASANTES, 2010).

El pan de árbol es principalmente cultivado por su nutritiva semilla; la cantidad que se obtiene por fruto puede variar entre 12 a 150 y cada una pesa entre 7 a 10 g (RAGONE, 2006). Del 100% del peso del fruto, el 49 % corresponde a las semilla, 21 % a la cáscara, 21 % a la pulpa y el 9 % es el

corazón (Arango, 1977, citado por FAO, 2013). Nutricionalmente las semillas son una buena fuente de proteínas; estas son bajas en grasas en comparación con otras semillas como la almendra, la nuez brasilera y la macadamia. La grasa extraída de la semilla es de color amarillo claro, y a temperatura de ambiente es un líquido viscoso con un olor característico similar al del maní. Tiene un número de propiedades químicas y propiedades físicas similares a las del aceite de oliva. A continuación, se muestra la composición nutricional de las semillas de pan de árbol en 100g de semillas (Cuadro 1) (RAGONE, 2006).

Cuadro 1. Composición nutricional de la semilla del pan de árbol en 100 g (RAGONE, 2006).

Compuestos	Cantidad
Agua (g)	35.10 - 56.80
Proteína (g)	5.25 - 13.30
Grasa (g)	2.59 - 5.59
Carbohidratos (g)	30.80 - 44.00
Fibra (g)	1.34 - 2.14
Ceniza (g)	1-50 - 5.58
Calcio (mg)	0.10
Tiamina (mg)	0.25
Riboflavina (g)	0.10
Niacina (mg)	3.54
Ácido ascórbico (mg)	13.70

2.1.4. Ecología

El pan de árbol se desarrolla mejor en condiciones tropicales húmedas, en lugares con una precipitación anual de entre 1500 y 2500 mm,

aunque los árboles también se pueden cultivar en sitios con una precipitación anual de 1200mm. En sus áreas de distribución natural e introducida, las temperaturas varían entre 18 y 32 °C (FRANCIS y LOWE, 2000).

Es preferible un suelo fértil, bien drenado e irrigado, que no acumule agua, ya que esto pudriría las raíces y mataría el árbol. La acidez del suelo debe ser ligeramente neutra a alcalina (6.1 a 7.4 pH). Tolera suelos con una alta salinidad, como suelos coralinos o suelos de los atolones (BASANTES, 2010).

El pan de árbol tiene un sistema radicular superficial y unas hojas bastante anchas; estas características describen una especie apta para ambientes húmedos, con 70 a 80 % de humedad relativa. Por lo anterior y principalmente en climas estacionales secos, el árbol del pan se debe cultivar asociado y con considerables densidades de plantación (8 x 8 m, por ejemplo), lo cual favorece también a un alto aprovechamiento de materia orgánica en descomposición, debido a que sus raíces no son capaces de tomar nutrientes a gran profundidad. El árbol de pan requiere de más sombra en sus primeras etapas de desarrollo que en su fase adulta. En regiones con lluvias mayores a 1500 mm anuales se recomienda plantarlo con distanciamiento no menor a 10 x 10 m entre árboles (ACERO, 2005).

2.1.5. Fenología

Las semillas germinan alrededor de dos semanas después de haber sido plantadas. Las plantas tienden a crecer lentamente, pero responden bien a condiciones de crecimiento favorables. Bajo condiciones ambientales favorables, los árboles crecen entre 0.5 a 1.5 metros en diámetro del tronco en los primeros

10 a 12 años (RAGONE, 2011). Los árboles que crecen desde las semillas empiezan a florecer y fructificar entre los 6 a 10 años, mientras que los que son propagados vegetativamente lo hacen en 3 o 6 años (RAGONE, 2006).

Bajo estrés el árbol tiende a perder la mayoría de sus hojas, solamente penachos de hojas jóvenes persisten en las puntas de las ramas desnudas. Estos árboles producen flores durante todo el año, por lo tanto, se pueden encontrar frutos en diferentes estados de maduración a lo largo del año (MORTON, 1987).

2.1.6. Usos del pan árbol

No solo el fruto sino también, las hojas, el tallo y las semillas del pan de árbol son de gran utilidad. El multiuso de este cultivo se puede ver en muchos campos como el culinario, construcción, adhesivos, insecticidas, comida para animales, medicina, etc. El pan de árbol es a menudo plantado por su fruto y sus semillas, pero los árboles también pueden ser atractivos para decoración o sombra. La parte carnosa del fruto puede ser consumida de manera cruda, cocida, rostizada o al vapor. Las semillas maduras pueden ser asadas o hervidas y consumidas con azúcar (ORWA *et al.*, 2009).

En lugares como México y otros países de América central, es usada como forraje para los animales de granja. (LITTLE y SKOLMEN, 1989). La savia lechosa es usada como sellador de canoas, como trampa para atrapar pájaros y como goma de mascar. La madera puede ser usada para hacer tablas de surf, canoas, muebles o construcción de casas. Esta es resistente a termitas y gusanos marinos (ORWA *et al.*, 2009).

El pan de árbol es muy usado en el pacífico, porque el látex, hojas y corteza interior pueden ser usadas como medicina tradicional para tratar dolores de cabeza, diarreas, dolor de estómago y otros males. También es plantado como mejorador del suelo (RAGONE. 2006). Además, puede ser usado como rompe vientos en asociación con el cultivo de café (JENSEN, 1995).

2.1.7. Propagación

Existen varios métodos de propagación para el género *Artocarpus*. Se puede propagar sexualmente, mediante injertos y también mediante propagación in vitro. La variedad *Artocarpus camansi* a diferencia de su prima *Artocarpus altilis*, se reproduce mediante la semilla, esta tarda al menos dos semanas en poder germinar. Después de ello, su crecimiento es bastante rápido (RAGONE, 2011).

Se debe tener en cuenta que existen ventajas y desventajas en la propagación sexual. Las ventajas son: se produce un gran número de plantas, las cuales pueden ser producidas en un corto tiempo; se requieren menos cantidad de invernaderos y las plantas serían genéticamente diversas lo cual es una ventaja para la tolerancia o para la resistencia a las condiciones adversas del medio ambiente, pestes y ataques de plagas. Las desventajas son que las plantas obtenidas no son totalmente idénticas a las plantas madre y son genéticamente heterogéneas por lo que no presentan uniformidad (ROBERTS, 2012).

Para una buena propagación por semillas de *Artocarpus camansi* se debe elegir los frutos maduros, preferentemente los que caen del árbol de

manera natural; se deben recolectar las semillas, que estén con una longitud promedio de 2.50 cm, evitar las semillas que sean muy pequeñas o sean deformes. Tener una buena mezcla de sustrato en donde se plantarán las semillas, sembrar las semillas a una profundidad igual al doble del tamaño de las semillas, y las semillas germinarán en el transcurso de las dos primeras semanas (ROBERTS, 2012). La siembra de estas semillas se debe hacer tan pronto como sea posible después de haberse extraído del fruto porque pierden viabilidad con mucha facilidad (RAGONE, 2006), y no pueden ser desecadas ni almacenadas a bajas temperaturas (WARRIER *et al.*, 2006).

2.2. Germinación

2.2.1. Generalidades

La germinación de las semillas es el proceso por el cual se reinicia el crecimiento del embrión viable, debido a condiciones del ambiente favorables (MOORE y JANICK, 1988). Este proceso se inicia cuando el embrión empieza a sintetizar giberelinas. Esta síntesis no se puede ver a simple vista ya que ocurre a nivel microscópico (ROJAS y RAMÍREZ, 1993). En general la germinación puede ser considerada como el proceso por el cual empieza a desarrollarse la radícula de la plúmula dando inicio así a la activación de la maquinaria metabólica de la planta (MONTES, 1998).

La germinación de las semillas se da cuando; estas se encuentran en óptimas condiciones; el embrión es viable, es decir que esté vivo y capaz de empezar a desarrollarse; no existen barreras químicas o fisiológicas que creen

latencia o barreras químicas que impidan la germinación; existan condiciones climáticas apropiadas, es decir, que la semilla tenga suficiente agua, temperatura adecuada, oxígeno y luz; las capas que recubren el embrión estén débiles como para permitirle germinar (HARTMANN y KESTER, 1997).

2.2.2. Tipos de germinación

UPV (2003) consideran que existen dos tipos de germinación en las semillas. Las cuales se diferencian por la posición que tiene el cotiledón con respecto al sustrato. De acuerdo con esta diferencia se pueden clasificar como:

a. Germinación epigea

Las semillas que tienen este tipo de germinación se caracterizan porque los cotiledones emergen de la tierra y se transforman en órganos capaces de realizar fotosíntesis. Esto se debe a un gran desarrollo del hipocótilo.

b. Germinación hipogea

Las semillas que tienen este tipo de germinación a diferencia de las del tipo de germinación epigea no desarrollan un crecimiento del hipocótilo y por lo tanto los cotiledones se mantienen en la tierra, en cambio son las hojas las que se desarrollan. Tal y como ocurre con las semillas de *Artocarpus Camansi*, que tiene una germinación del tipo hipogea.

2.3. Almacenamiento de semillas

2.3.1. Generalidades

La principal razón para almacenar semillas es su distribución en el tiempo y el espacio, para luego ser utilizadas en siembras futuras, en estudios de laboratorio o como material genético en bancos de germoplasma (NUEZ *et al.*, 2000). El valor económico, alimenticio, agrícola e industrial que está asociado a los granos y semillas, demanda cuidados especiales en el almacenamiento para garantizar la conservación de su calidad; la cual debe mantenerse durante el tiempo que estas permanezcan en condiciones de almacenamiento hasta el momento de su uso. El almacenamiento se refiere a concentrar la producción en lugares estratégicamente seleccionados; porque la conservación implica proporcionar a los productos almacenados las condiciones necesarias para que no sufran daños por acción de plagas, enfermedades o del medio ambiente, evitando así reducciones en su peso, calidad o en casos extremos la pérdida total de la semilla (HERNANDEZ, 2009).

2.3.2. Principales métodos de almacenamiento

Lo principal en un buen almacenamiento y conservación de semillas es emplear bodegas secas, limpias y libres de plagas; que servirán para almacenar semillas secas, enteras, sanas y sin impurezas. Sin tomar en cuenta del tipo de almacén o contenedor que se utilice, el producto almacenado debe mantenerse fresco, a un porcentaje de humedad adecuado y protegido de

insectos, pájaros, hongos y roedores (HERNANDEZ, 2009). SERRADA (2000) hace mención de los principales métodos de almacenamiento:

a. Almacenamiento en seco y frío

Una de las formas más comunes es disponer de cámaras frigoríficas que mantengan la temperatura de 4 °C y una atmosfera libre de humedad en las que se almacenan semillas con un bajo porcentaje de humedad dispuestas en recipientes metálicos con cierre hermético. Las semillas de ciertas especies no se ven afectadas por temperaturas inferiores a 0°C. Este procedimiento se aplica en semillas ortodoxas con muchos aceites, de viabilidad sensible y poco porcentaje de humedad.

b. Almacenamiento a temperatura de ambiente

Sin forzar el régimen térmico, este debe procurar estar lo más fresco, libre de humedad y estable posible. Se disponen las semillas en envases herméticos o en sacos según su grado de sensibilidad. Se aplica a semillas ortodoxas de mayor resistencia a la perdida de viabilidad o durante cortos periodos de almacenamiento.

c. Almacenamiento en frío y húmedo

Se aplica para semillas con alto contenido en humedad o recalcitrantes a las que un ambiente seco produce desecaciones que comprometen su viabilidad. Se disponen las semillas en recipientes, mezcladas con arena o turba (en proporciones de dos a tres veces la cantidad de materia inerte respecto al volumen de las semillas) y se aporta a esta mezcla una determinada cantidad de agua (de 15 a 18 litros de agua por cada 100 kg de arena). Los recipientes se colocan en cámaras frigoríficas a 2 o 3°C. El gran

volumen de esta forma de almacenar obliga a disponer de grandes cámaras, por lo que sí el almacenamiento es poco duradero e invernal se puede realizar a temperatura ambiente exterior. El plazo de almacenamiento con esta alternativa será de menos de cuatro o cinco meses.

d. Almacenamiento en vacío parcial

Se produce un vacío parcial en los recipientes o bolsas que contienen las semillas. Se aplica únicamente a semillas de tamaño pequeño y viabilidad fugaz, como son las de los chopos, sauces y olmos y preferentemente con objetivo de investigación.

e. Almacenamiento dentro del propio fruto

Es un procedimiento para periodos cortos y de alto volumen. Se aplica a árboles como los cedros, por tener semillas con viabilidad muy fugaz pues sus aceites se rancian fácilmente al entrar en contacto con el aire.

2.3.3. Tipos de semillas que se pueden almacenar

Anteriormente se clasificaron a las semillas por la duración de su supervivencia sin tomar en cuenta el papel de otros factores ambientales en la longevidad de la semilla (ALTMAN y DITTMER, 1972). Se descubrió que las semillas de algunas especies inicialmente clasificadas como “semillas de vida corta” en realidad pueden almacenarse durante largos periodos de tiempo bajo condiciones más apropiadas (HARRINGTON, 1972). Por lo tanto, las clasificaciones de semillas se han basado en la tolerancia de la semilla a la deshidratación y supervivencia de la semilla como respuesta al ambiente (HONG

y HELLIS. 1996). Se designa dos categorías: ortodoxas y recalcitrantes (ROBERT, 1973).

a. Semillas ortodoxas

Pueden secarse sin sufrir daños a bajos porcentajes de humedad y en una gama amplia de ambientes, su longevidad aumenta con la reducción del porcentaje de humedad y temperatura del almacenamiento, de una manera cuantificable y pronosticable (ROBERT, 1973).

Fórmula para determinar la viabilidad de semillas recalcitrantes.

$$v = K_i - p / 10^{K_E - C_W \log_{10} m - C_{Ht} - C_Q t^2}$$

Donde “v” es viabilidad en porcentaje probit después de “p” días en almacenamiento a 1 % “m” de contenido de humedad (sobre base del peso), t °C, “K_i” es una constante específica del lote de semilla y “K_E”, “C_W”, “C_{Ht}”, y “C_Q” son constantes de viabilidad de especies (ELLIS y ROBERTS. 1980).

b. Semillas recalcitrantes

Las semillas recalcitrantes no pueden secarse sin que se vean afectadas negativamente (ROBERT, 1973) por lo que su longevidad no corresponde al ambiente de secado en la forma descrita por la ecuación anterior de viabilidad de la semilla. Cuando las semillas recalcitrantes recién cosechadas se secan, en un inicio, a medida que se va disminuyendo el porcentaje de humedad, sufren una ligera reducción de la viabilidad; pero posteriormente inicia una reducción considerable a cierto porcentaje de humedad, llamado “porcentaje de humedad crítico” (KING y ROBERTS. 1979) o “mínimo porcentaje de

humedad seguro” y si el secado continúa, la viabilidad se reduce eventualmente a cero (TOMPSETT, 1984).

Los porcentajes de humedad críticos para la pérdida de viabilidad en la deshidratación son muy variables entre las especies recalcitrantes, entre cultivos y entre lotes de semillas (CHIN, 1988); y depende del grado de madurez de la semilla al momento de su recolección (HONG y ELLIS, 1996).

También el porcentaje de humedad crítico varía con el método de secado de la semilla (PRITCHARD, 1991). Los valores del “mínimo porcentaje de humedad” varían entre los extremos de cerca del 23 % para *Theobroma cacao*) (MUMFORD y BRETT. 1982) a 61.5 % para *Avicennia marina* (FARRANT, 1997).

No existe un método satisfactorio para mantener la viabilidad de las semillas recalcitrantes a mediano o largo plazo. Este tipo de semillas no puede secarse y tampoco almacenarse a temperaturas que estén debajo de los 0°C, dado que pueden morir por el daño causado por la formación del hielo. La longevidad de las semillas recalcitrantes es corta, pudiendo durar semanas o hasta unos cuantos meses para especies adaptadas a ambientes tropicales (KING y ROBERTS, 1979).

2.3.4. Factores que afectan la duración de la semilla almacenada

a. Estado de la semilla

Aun en las condiciones ideales de almacenamiento, la semilla pierde con facilidad su viabilidad si desde el principio no están en buen estado. Los factores que hay que tener en cuenta son los siguientes (STEIN *et al.*, 1974):

- Madurez de la semilla

Las semillas maduras mantienen su viabilidad durante mayor tiempo en comparación con las semillas que se recolectan inmaduras (HARRINGTON, 1972).

- Presencia de daño mecánico

Las semillas que resultan dañadas mecánicamente durante la extracción, limpieza, etc. Pierden rápidamente su viabilidad. El peligro es máximo en las especies que tienen la cubierta seminal delgada o blanda. El calor excesivo durante la extracción o el secado también dañan la semilla. Hay que procurar que durante la preparación de la semilla para el almacenamiento se empleen los tiempos mínimos, las temperaturas más bajas y las velocidades de máquina mínimas que sean necesarias (STEIN *et al.*, 1974).

- Presencia de hongos e insectos

En el caso de las especies que toleran ser almacenadas a temperaturas bajas y porcentaje de humedad bajo, las propias condiciones de almacenamiento deben prevenir la aparición de hongos e ingreso de insectos. No obstante, es necesario evitar recolectar cosechas que presenten una elevada incidencia de ataques de hongos o insectos y efectuar las operaciones de

recolección, transporte, procesamiento, etc. Con la mayor rapidez posible para de esa manera asegurar que la semilla no resulte dañada antes de iniciar el almacenamiento. El ataque de hongos e insectos se produce con muchísima rapidez en el suelo del bosque, pero se puede reducir recogiendo los frutos caídos lo antes posible. No es recomendable un tratamiento con fungicidas, pues puede ser perjudicial para las semillas (MAGUINI, 1962).

- Viabilidad inicial

Los lotes de semilla que inicialmente poseen una viabilidad y un poder germinativo altos, en el almacenamiento presentan una longevidad mayor en comparación con los que tienen una viabilidad inicial baja. Antes del almacenamiento, y sobre una muestra de cada lote de semilla, es importante efectuar ensayos de germinación. (HOLMES y BUSZEWICZ, 1958; MAGUINI, 1962).

b. Atmosfera de almacenamiento

La forma más sencilla de reducir la tasa de respiración aeróbica consiste en excluir el oxígeno de la atmósfera que rodea a las semillas. Esto puede llevarse a cabo sustituyendo el oxígeno por otros gases, como CO₂ o nitrógeno o mediante un vacío parcial o completo (ELLIS y ROBERTS, 1980).

c. Porcentaje de humedad de la semilla

En las semillas ortodoxas, el porcentaje de humedad es el más importante de los factores para determinar la longevidad de la semilla (HOLMES y BUSZEWICZ, 1958). Al reducir el porcentaje de humedad también se reduce la respiración, y con ello se ralentiza el envejecimiento de la semilla; todo esto logra prolongar su viabilidad (HARRINGTON, 1972). El porcentaje de humedad

está relacionado con varios procesos que ocurren dentro de la semilla y en torno a ella (Cuadro 2) (FAO, 2013).

Cuadro 2. Efectos del porcentaje de humedad en las semillas (FAO, 2013).

Humedad en la semilla (%)	Efecto en la semilla
45 – 60	Empieza la germinación
18 – 20	La semilla puede calentarse (debido a una tasa rápida de respiración y liberación de energía)
12 – 14	Posible desarrollo de hongos
8 – 9	Importante reducción de la actividad de insectos
4 – 8	Almacenamiento sin peligro en condiciones herméticas

Para la mayoría de las especies ortodoxas se considera seguro mantener una humedad del 4 a 8 %. Para el almacenamiento prolongado con fines de conservación de recursos genéticos se recomienda 5 % $\pm$ 1 (INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES, 1977). El porcentaje de humedad es también relevante en las semillas recalcitrantes, pero en este caso el porcentaje de humedad crítico no es el máximo que exige un almacenamiento prolongado, sino el mínimo requerido para secar las semillas. Para muchas de las semillas grandes de especies frondosas y climas templados, se recomiendan porcentajes de humedad en el intervalo de 25 a 79 % (WANG, 1971).

d. Temperatura de almacenamiento

La temperatura presenta una correlación negativa con longevidad de la semilla; mientras más baja es la temperatura, menor es la tasa de respiración, por lo cual se prolonga más la vida de la semilla almacenada. Otra norma práctica para las semillas agrícolas indica que: entre 50 °C y 0 °C, cada 5 °C de reducción de la temperatura de almacenamiento supone duplicar la vida de la semilla. En el caso de las semillas ortodoxas, cuyo porcentaje de humedad puede reducirse hasta unos niveles bajos, se consigue una longevidad aún mayor con el almacenamiento a temperaturas inferiores a 0 °C (HARRINGTON, 1972).

Para el almacenamiento prolongado de semillas agrícolas con fines de conservación genética se ha recomendado una temperatura de -18 °C como norma “preferida” para la mayoría de las especies y de -10 °C como norma “aceptable” para las especies que tienen una viabilidad intrínseca alta (INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES, 1977).

El efecto que la temperatura tiene sobre la longevidad de la semilla de especies recalcitrantes de la zona templada es semejante al que tiene sobre las especies ortodoxas dentro de determinados límites, cuanto más baja es la temperatura; más largo es el período de viabilidad. Algunas especies tropicales mueren a temperaturas que están por encima del punto de congelación, como ejemplo algunas dipterocarpáceas a menores de 14 °C (ROWE y GORDON, 1981), el cacao a menores de 10 °C y el mango a menores a 3 – 6 °C (KING y ROBERTS, 1979).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar del campo experimental

3.1.1. Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en laboratorio de control de semillas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en la ciudad de Tingo María, y en el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP) (Figura 1), ubicado en el distrito de Castillo Grande, provincia Leoncio Prado, región Huánuco, cuyas coordenadas son: latitud sur es 389282.17 m E, longitud oeste es 8972534.36 m S a una altitud de 637 msnm.



Figura 1. Mapa de ubicación del experimento.

3.1.2. Registro meteorológico

Se presentan los datos meteorológicos (Cuadro 3), obtenidos de la estación experimental meteorológica José Alberto Quiñones de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, correspondiente a los meses de julio a octubre del 2019. Los resultados muestran los promedios de temperatura mínima y máxima iguales a 20.23 °C y 30.85 °C, respectivamente, con una media mensual de 25.55 °C. Además, los promedios de precipitación pluvial, humedad relativa y horas de sol fueron 171.03 mm, 82.23 % y 51.08 horas de sol por mes, respectivamente.

Cuadro 3. Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento en el periodo de julio a octubre del año 2019.

Meses	Temperatura (°C)			P.P.	H.R.	Horas de sol
	Máxima	Mínima	Media	(mm)	(%)	
Julio	30.30	20.20	25.30	192.20	84.10	52.50
Agosto	31.30	19.40	25.30	64.50	82.10	57.10
Septiembre	31.40	20.50	26.00	122.80	81.40	49.00
Octubre	30.40	20.80	25.60	304.60	83.70	45.70
Promedio	30.85	20.23	25.55	171.03	82.83	51.08

Fuente: Estación Experimental Meteorológica José Abelardo Quiñones - Tingo María (2019).
P.P. = Precipitación pluvial. H. R. = Humedad relativa.

3.2. Materiales y equipo

3.2.1. Material vegetativo

- 1200 semillas de *Artocarpus camansi* F. blanco.

3.2.2. Materiales de laboratorio y campo

Para poder determinar el porcentaje de humedad de las semillas se utilizó una estufa con el objetivo de eliminar el agua dentro de las semillas y una balanza gramera digital para pesar las semillas en su estado fresco y después de haber sido secadas.

Para la determinación de viabilidad de semillas se utilizó una balanza gramera para pesar las semillas diariamente y evaluar que las semillas hayan llegado al porcentaje de humedad deseado. Para el almacenamiento de semillas se usaron bolsas de polipropileno como contenedor para luego colocarlas en una conservadora con un termostato que controló la temperatura de las semillas almacenadas a 20 °C para evitar el aumento de temperatura.

Para determinar la viabilidad de las semillas mediante el método de tetrazolio se utilizaron placas Petri, solución de tetrazolio al 1%, un cuchillo para cortar las semillas por la mitad y papel toalla.

Para evaluar poder germinativo de las semillas, se armó un módulo de madera y bambú para colocar las macetas que consistían en bolsas, de medida 6" x 8", con las semillas, se utilizó malla Raschell con 45 % de sombra para evitar una incidencia directa de luz, ya que este tipo de plantas en su ambiente natural se desarrollan mejor en sombra. Para identificar los tratamientos se utilizaron cucharitas de plástico de colores recicladas y una regadera para hacer los riegos oportunos.

Para la caracterización biométrica de las plantas de pan de árbol germinadas, fue necesario el uso de una wincha, para medir altura de planta; un vernier, para medir el diámetro del tallo; una manguera con balde de agua, para poder hacer la extracción de la planta sin dañar la raíz; también se utilizó una regla de metal, para medir la longitud de la raíz, y una probeta de vidrio de 100 ml, para la medición del volumen de raíz.

3.3. Diseño estadístico

3.3.1. Componentes en estudio

Los componentes en estudio se clasifican en base a variables dependientes e independientes:

a. Variables independientes

- Porcentaje de humedad

- ❖ Sin disminución de porcentaje de humedad.
- ❖ Disminución de 10 % del porcentaje de humedad.
- ❖ Disminución de 20 % del porcentaje de humedad.

- Temperatura de almacenamiento

- ❖ Temperatura a 20 °C
- ❖ Temperatura $\pm$ 25 °C

b. Variables dependientes

- ❖ Viabilidad de las semillas
- ❖ Poder germinativo de las semillas

3.3.2. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamientos en estudio		Cantidad de semillas
Clave	Descripción	
T ₁	Sin disminución de la humedad a 20 °C	200
T ₂	Sin disminución de la humedad a ± 25 °C	200
T ₃	Disminución del ±10 % de humedad a 20 °C	200
T ₄	Disminución del ±10 % de humedad a ± 25 °C	200
T ₅	Disminución del ±20 % de humedad a 20 °C	200
T ₆	Disminución del ±20 % de humedad a ± 25 °C	200

3.3.3. Diseño experimental

Para este trabajo se usó el diseño completamente al azar (DCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones. El modelo aditivo lineal, se presenta en la fórmula (1) siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \epsilon_{ij} \quad \dots (1)$$

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta del i-ésimo tratamiento de la j-ésima repetición.

μ = Efecto de la media general.

σ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental.

Para:

i = 1, 2,..., 6 tratamientos.

j = 1, 2,..., 4 repeticiones.

3.3.4. Análisis estadístico

Con el programa Infosat; se realizó el análisis de variancia (F. tab. = 0.01 y 0.05) (Cuadro 5) y para hallar las diferencias entre las medias obtenidas por los tratamientos en estudio en las diferentes evaluaciones realizadas, se utilizó la prueba de DGC ($\alpha = 0.05$) (CALZADA, 1982).

Cuadro 5. Esquema del análisis de variancia.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F Cal.	P valor
Tratamientos	t-1	SC _{trat}	SC _{trat} /gl _{trat} = CM _{trat}	CM _{trat} /CM _{ee}	
Error experimental	(t)*(b-1)	SC _{ee}	SC _{ee} /gl _{ee} = CM _{ee}		
Total	(t*b) - 1	SC _{total}			

t: tratamientos., b: repetición

Con el valor obtenido del cuadrado medio del error experimental del análisis de variancia; mediante la siguiente fórmula (2) se halló el coeficiente de variabilidad:

$$CV = \frac{\sqrt{CM_e}}{Y_{...}} \times 100 \quad \dots (2)$$

Donde:

CV = Coeficiente de variabilidad.

CM_e = Cuadrado medio del error.

Y... = Promedio total de los tratamientos.

Asimismo, para las variables en estudio, se realizaron análisis de correlación y considerando que presentan una distribución normal, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. El método más común para determinar si existe asociación lineal entre dos variables cuantitativas (variable X y Y) es el análisis de correlación de Pearson. Su fundamento se basa en determinar el cociente de la covarianza de las dos variables (X y Y) entre la raíz cuadrada del producto de las varianzas de cada variable (X y Y). De lo que se desprende la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n}\right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n Y_i)^2}{n}\right)}} \quad \dots (3)$$

El coeficiente producto de la ecuación (coeficiente de Pearson) determinará el grado de dependencia entre las dos variables en estudio. Los valores que puede tomar el coeficiente van desde -1 a 1. Cuando toma un valor negativo se confirma una correlación negativa, mientras que cuando toma valores positivos se dice que presenta una correlación positiva, y cuando toma

un valor cero se dice que tiene ausencia de correlación. La siguiente figura ilustra estos tipos de correlación.

14

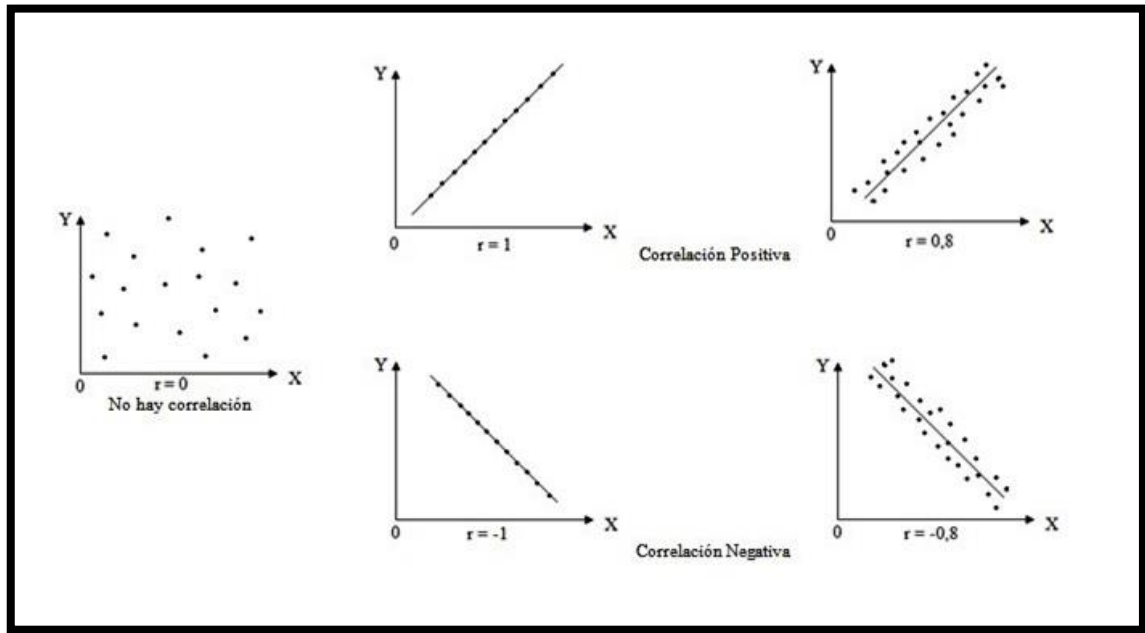


Figura 2. Tipos de correlación

Para la interpretación del coeficiente de correlación utilizamos la siguiente escala:

Cuadro 6. Interpretación de coeficientes de correlación

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

3.4. Metodología

3.4.1. Obtención de frutos

Se obtuvieron 23 frutos de cuatro plantas georreferenciadas (Anexo, Figura 27) de la misma edad, al inicio del experimento con el fin de cosechar frutos uniformes, sanos y en buenas condiciones. Todas estas plantas eran de polinización mixta y libre. Con una tijera telescópica se cortaron los frutos de los árboles, los cuales fueron recepcionados en una manta para no dañar los frutos y luego los frutos cosechados fueron trasladados en cajas de plástico al laboratorio de semillas y a su vez procesados el mismo día.

3.4.2. Obtención de semillas

El proceso de extracción de las semillas fue realizado manualmente debido al gran tamaño de los frutos y la facilidad de manipulación y suavidad para partir el fruto, no fue necesario el uso de algún tipo de herramientas. Todas las semillas fueron extraídas en un mismo día para asegurar la uniformidad en el tiempo de envejecimiento. Se obtuvo un promedio de 50 semillas buenas y 10 semillas vanas por fruto. Dando un total de 1200 semillas.

3.4.3. Determinación de porcentaje de humedad en semillas

La determinación del porcentaje de humedad en semillas se realizó mediante el método de desecación por estufa, el cual hace uso de la fórmula (4) de determinación de porcentaje de humedad. El proceso constó de los siguientes pasos: a) se homogenizaron las semillas, b) se tomó una muestra de todas las

semillas y se pesaron, c) se colocaron la muestra de semillas en la estufa a 70°C durante 48 horas, d) se volvieron a pesar las semillas para evaluar el porcentaje de humedad inicial de cada una de ellas. Este procedimiento detallado fue necesario para poder determinar el porcentaje de humedad inicial con el que contaban las semillas después de haber sido extraídas del fruto.

Fórmula de determinación de porcentaje de humedad

$$PH \% = \frac{PF - PS}{PF} * 100 \quad \dots (4)$$

PH % = Porcentaje de humedad.

PF = Peso fresco.

PS = Peso seco.

3.4.4. Desecación de la semilla

Un total de 800 semillas se desecaron mediante exposición al aire libre y bajo sombra. El lote de semillas fue dividido en dos grupos de 400 semillas cada uno. El primer grupo fue desecado por una aproximado de 30 a 35 horas hasta reducir su humedad en 10 % de la humedad inicial; mientras el otro grupo fue secado por una aproximado de 50 a 60 horas hasta reducir su humedad en un 20 % de la humedad inicial, aproximadamente. Durante este proceso, la forma de calcular la reducción de la humedad; era pesando las semillas en una balanza digital, antes del secado de las semillas y después de iniciado del secado, y así

mediante la siguiente fórmula (5) se pudo determinar que la humedad se redujo en 10 % y 20 %, respectivamente:

$$PD = \frac{PI * \%MS}{100 - \%HE} \quad \dots (5)$$

Leyenda:

PD = Peso deseado

PI = Peso inicial

%MS = % de materia seca

%HE = % de humedad deseado

3.4.5. Conservación de semillas

Después del secado; cada grupo de semillas, conformado por 200 semillas cada uno, fue puesto en bolsas de polipropileno, luego sellado y almacenado; el almacenamiento fue de acuerdo a los tratamientos en estudio que se muestran en el cuadro 7. Las bolsas con las semillas fueron almacenadas a dos temperaturas, 20°C y ± 25 °C, cada una de ellas contando con semillas sin disminución de humedad, disminución del 10% y disminución del 20%. Todos los tratamientos fueron conservados por un periodo de cinco semanas.

Cuadro 7. Temperatura de almacenamiento por tratamiento.

Clave	Cantidad de semillas	Humedad disminuida (%)	Temperatura (°C)
T ₁	200	0	20
T ₂	200	0	± 25
T ₃	200	10	20
T ₄	200	10	± 25
T ₅	200	20	20
T ₆	200	20	± 25

3.4.6. Determinación de viabilidad de semillas

La viabilidad de las semillas se comprobó mediante el método de tetrazolio (LAKON, 1950). El cual se trabajó con el siguiente procedimiento: a) se disolvió 2, 3, 5-triphenyl-2H-tetrazolium chloride PB en agua destilada, en una proporción de 1 %, b) en una placa Petri se colocó papel toalla, c) se humedeció el papel toalla con la solución de tetrazolio, d) se partieron las semillas por la mitad, e) se colocaron las semillas sobre el papel toalla húmedo y se dejaron reposar en oscuridad por al menos ocho horas, f) Para verificar si el embrión aún estaba vivo se revisaron las semillas; si estas se tiñeron de color carmesí, entonces significaba que estaban vivas.

3.4.7. Determinación de poder germinativo

Después de que las semillas hayan pasado 5 semanas en almacenamiento se las retiró de las bolsas y se procedió a sembrarlas. La

siembra fue a temperatura de ambiente. Se contó la cantidad de las semillas sembradas y plantas germinadas por tratamiento en estudio. Considerando el 100 % al número total de semillas sembradas. Dividiendo al número de semillas germinadas entre total de semillas nos dio como resultado el poder germinativo de estas.

3.4.8. Caracterización biométrica de las plantas obtenidas

Para realizar la caracterización de las plantas se tomó una muestra representativa de 40 plantas por tratamiento de manera aleatoria. A las cuales se les evaluaron las siguientes características:

a. Longitud de las raíces (cm)

Se determinó la longitud midiendo desde el cuello del tallo hasta la parte terminal de la raíz más grande.

b. Volumen de raíces (ml)

Fue determinado haciendo uso de una probeta de 100 ml, en la cual se colocó un volumen determinado de agua y luego se introdujo la raíz, abarcando el volumen de toda la raíz hasta el cuello de la misma. Este volumen de raíz fue determinado por la diferencia entre el volumen, indicado en la probeta, previo y posterior a la inserción de la raíz.

c. Diámetro de planta (cm)

Se midió el diámetro de planta con un vernier digital, este procedimiento se realizó exactamente a la mitad del tallo de la planta.

d. Altura de planta (cm)

Se midió desde el cuello de la planta hasta la yema terminal.

e. Numero de hojas

Se contó de una en una las hojas de las plantas evaluadas.

3.5. Ejecución del experimento

3.5.1. Fase de campo

En esta fase se seleccionaron los árboles madre desde donde se recolectaron los frutos. Se hizo la recolección de los frutos maduros, únicamente de las plantas madres seleccionadas. La recolección de estos frutos se ejecutó en un mismo día.

3.5.2. Fase de laboratorio

En esta fase de laboratorio se determinó el porcentaje de humedad de 100 semillas. Se hizo uso del método de la estufa desarrollado por la International Seed Testing Association. También se realizó la desecación de las semillas de pan de árbol al aire libre; para ello se colocaron las semillas en pequeñas cajas de papel y se les ubicó en un lugar fresco bajo sombra. Se las pesó a diario hasta que las semillas llegaban al peso esperado que coincidía con el porcentaje de humedad deseado, esto mediante el uso de la fórmula (5).

Luego se colocaron las semillas dentro de las bolsas de polipropileno y se las procedió a almacenar por un periodo de cinco semanas. La prueba de viabilidad fue realizada durante las cinco semanas que duró el almacenamiento de las semillas. Semanalmente se seleccionaban al azar diez semillas de cada

repetición de cada tratamiento y se les hacia la prueba de viabilidad usando la solución de tetrazolio al 1 %.

3.5.3. Fase de vivero

En esta fase se instaló el experimento para evaluar la germinación de las semillas y las características biométricas de las plantas. Las labores que se realizaron fueron:

- a. Instalación de un módulo de madera y bambú, con malla Rachell al 45% de sombra.
- b. Se preparó y desinfectó el sustrato constituido por una mezcla de tierra agrícola, arena y humus de lombriz en proporciones 2:1:1.
- c. Se llenaron las macetas o las bolsas negras. Con mucho cuidado para que no se desarmen.
- d. Se colocaron e identificaron las bolsas con cucharas descartables de colores de manera aleatoria.
- e. Se sembraron las semillas agrupadas por tratamientos.
- f. El poder germinativo se evaluó a partir de los doce días después de la siembra.
- g. Las plantas fueron evaluadas al llegar al final del estado de la planta.
- h. Para la medición de la longitud de la raíz, se evaluó estirando la raíz completamente para asegurar el largo máximo de cada una de las raíces por planta.

i. Para la medición del volumen de la raíz se llenó una probeta graduada con agua desionizada y se tomó nota del volumen inicial. Luego se introdujo la raíz en ella y se tomó nota del nuevo volumen. Mediante la diferencia del primer volumen y el segundo volumen, pudimos determinar el volumen de la raíz.

j. La altura de cada planta fue medida con una wincha a partir del cuello de esta hasta la yema terminal.

k. El diámetro de tallo se hizo con un vernier y se tomó la medida del diámetro justo a la mitad del tallo a cada planta.

3.6. Variables evaluadas

3.6.1. Viabilidad de semillas

Se evaluaron 40 semillas por cada tratamiento en estudio semanalmente, durante cinco semanas, haciendo un total de 1200 semillas. Las semillas, de cada tratamiento, fueron cortadas por la mitad y luego puestas sobre una placa Petri que tenía papel toalla embebido en una solución de tetrazolio al 1%. Este método fue creado por Georg Lakon en 1942.

Se le dejó reposar por ocho horas, y al cabo de este tiempo se evaluó observando si hubo o no coloración carmesí en el interior de la semilla. Si se observaba coloración, indicaba que la semilla estaba viable. En caso contrario no presentaba coloración alguna. La evaluación de viabilidad de las semillas de pan de árbol se inició el 10 de mayo del 2019 y se continuó semanalmente hasta finalizar las 5 semanas.

3.6.2. Poder germinativo

Se realizaron las evaluaciones semanales a las semillas que lograban germinar. En total se hicieron diez evaluaciones en 1200 plantas, distribuidas 200 por tratamiento y cada tratamiento con cuatro repeticiones de 50 semillas. Se consideró 50 semillas por cada repetición como el 100% de germinación.

Esta evaluación tuvo lugar durante la fase de vivero. Las semillas fueron sembradas en las bolsas de vivero, a una profundidad de 5 cm. Después de una semana de haber sido plantadas se comenzó a contabilizar la cantidad de plantas que lograban germinar cada semana en cada uno de los tratamientos por un total de diez semanas.

3.6.3. Longitud de raíz

Esta medición solo se realizó una vez al final de las diez semanas de la prueba de germinación. Para poder medir la longitud de las raíces, fue necesario remover con mucho cuidado las plantas de las bolsas de vivero. Se remojaron las bolsas para que la tierra sea más suave y con un poco de agua a presión se procedió a eliminar la tierra que estaba pegada a las raíces, luego se extendió la raíz y con una regla se tomó la medida desde la base del tallo hasta la el extremo de la raíz.

3.6.4. Volumen de raíz

Después de haber obtenido la medición de la longitud de raíz, se tomó la medida del volumen de la raíz con el método de probeta, que consistió

en llenar una probeta de vidrio de 100 ml con agua hasta llegar a los 70 ml, posteriormente se introdujo la raíz y se tomó nota del nuevo volumen que marcó la probeta. El volumen de la raíz fue la diferencia de los 70 ml con el nuevo volumen obtenido.

3.6.5. Diámetro de tallo

Se midió utilizando un vernier y se tomó la medida a la mitad del tallo de las plantas. Se realizó una sola medición al finalizar las diez semanas.

3.6.6. Altura de planta

Se realizó una sola evaluación al cabo de diez semanas, cuando las plantas ya tuvieron de una a tres hojas desarrolladas. Se procedió a evaluar la altura de planta con una wincha métrica, desde la base del tallo hasta el ápice vegetativo. Esto para poder determinar el efecto que el almacenamiento de semillas, a diferentes niveles de humedad y temperaturas, puede tener en el desarrollo normal de las plantas.

3.6.7. Número de hojas

Se contó el número de hojas completamente formadas mediante un conteo visual a todas las plantas de los tratamientos en estudio.

3.6.8. Peso fresco de semilla

La evaluación del peso fresco de la semilla se realizó con semillas frescas, recién extraídas de los frutos; y tuvo lugar en dos fases del trabajo de

investigación. Se realizó tanto durante la fase de laboratorio como en la fase de campo. Durante la fase de laboratorio se tomó el peso a cada una de las semillas del grupo de 100 semillas, lo cual sirvió de referencia al momento de hacer los cálculos para obtener el porcentaje de humedad de las semillas.

3.6.9. Peso seco de semilla

El peso seco de semillas se evaluó durante la fase de laboratorio. Las 100 semillas frescas previamente pesadas se secaron en estufa a 70 °C durante 48 horas. Al cabo del tiempo indicado se volvieron a pesar las semillas y mediante el uso de la fórmula (4) se determinó el porcentaje de humedad de las semillas.

3.6.10. Desección de semillas

En la fase de campo, se hizo una desecación de las semillas al aire libre y bajo sombra. Esto con la finalidad de disminuir el porcentaje de humedad en un 10 % y 20 % con respecto al porcentaje de humedad inicial de las semillas. Para determinar el porcentaje de humedad deseado, las semillas eran pesadas diariamente, lo cual se hacía con las semillas agrupadas (cada grupo contenía diez semillas), esto se hizo con la finalidad de facilitar el trabajo, debido al alto número de éstas con las que se trabajaba (1200). Una vez que las semillas llegaban a tener el porcentaje de humedad deseado se les procedía a almacenar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Influencia de la humedad y temperatura en la viabilidad de las semillas de *Artocarpus camansi*

4.1.1. Viabilidad de las semillas de *Artocarpus camansi* después del almacenamiento

Estadísticamente se pudo observar una alta significancia (P valor = 0.0117) de los tratamientos en estudio con respecto a la viabilidad. Teniendo un coeficiente de variación igual a 57.25 % pero con un R^2 : 0.53 se considera aceptable. Debido a que un C.V tan alto nos indica que los resultados obtenidos son altamente influenciados por el tratamiento y no por factores externos no contemplados en el estudio (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de variancia para la viabilidad de las semillas de *Artocarpus camansi* después del almacenamiento.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	P valor
Tratamiento	5	81.05	16.21	4.10	0.01
Error experimental	18	71.22	3.96		
Total	23				

C.V. (%) 57.25

GL=grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; CV = Coeficiente de variación.
S = Existió significación estadística al 5 % de probabilidad.

En el Cuadro 9, se observa que estadísticamente se identificaron dos grupos “a” y “b”. Siendo los tratamientos del grupo “a” los que tuvieron mejores resultados. Aquí encontramos al tratamiento T₂ (Sin disminución de la humedad a ± 25 °C); cuyas semillas no tuvieron disminución de su humedad y fueron almacenadas a una temperatura de ± 25 °C. Por otra parte, los tratamientos del grupo “b” no mantuvieron una viabilidad de semillas favorable, lo cual coincide con los resultados obtenidos por GAWANKAR *et al.* (2020), quienes afirman que la pérdida de humedad en Jack fruit (*Artocarpus heterophyllus*) también produce una reducción en la viabilidad de las semillas después de un tiempo prolongado de almacenamiento.

Cuadro 9. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) de la viabilidad de semillas de *Artocarpus camansi*, habiendo sido almacenadas por 5 semanas.

Tratamientos en estudio		Viabilidad	
Clave	Descripción	(%)	Significancia
T ₂	Sin disminución de la humedad a ± 25 °C	55.00	a
T ₁	Sin disminución de la humedad a 20 °C	22.50	b
T ₃	Disminución del 10 % de humedad a 20 °C	10.00	b
T ₄	Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C	7.50	b
T ₅	Disminución del 20 % de humedad a 20 °C	7.50	b
T ₆	Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C	5.00	b

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística.

El tratamiento T₆ (Cuadro 9) con una reducción de 20 % de humedad y almacenado a una temperatura de ± 25 °C; numéricamente obtuvo un resultado menor, semejante a los resultados obtenidos por ROBERT (1973) y VAZQUEZ y TOLEDO (1989), quienes indicaron que las semillas de tipo recalcitrante (*A. camansi*) no pueden someterse a métodos de deshidratación ni almacenamiento a bajas temperatura, porque esto daña a las semillas.

Según la Figura 3, se observa la correlación de viabilidad y poder germinativo de las semillas, muestra que el efecto de la viabilidad de semillas tiene una regresión lineal simple con un coeficiente de correlación positiva (r) fuerte igual a 0.5184, cuya ecuación es $0.7907x + 20.66$. De la misma manera presenta un coeficiente de determinación de 0.5184, indicando que el 51.84 % de la variación en el poder germinativo se debe a la viabilidad de las semillas.

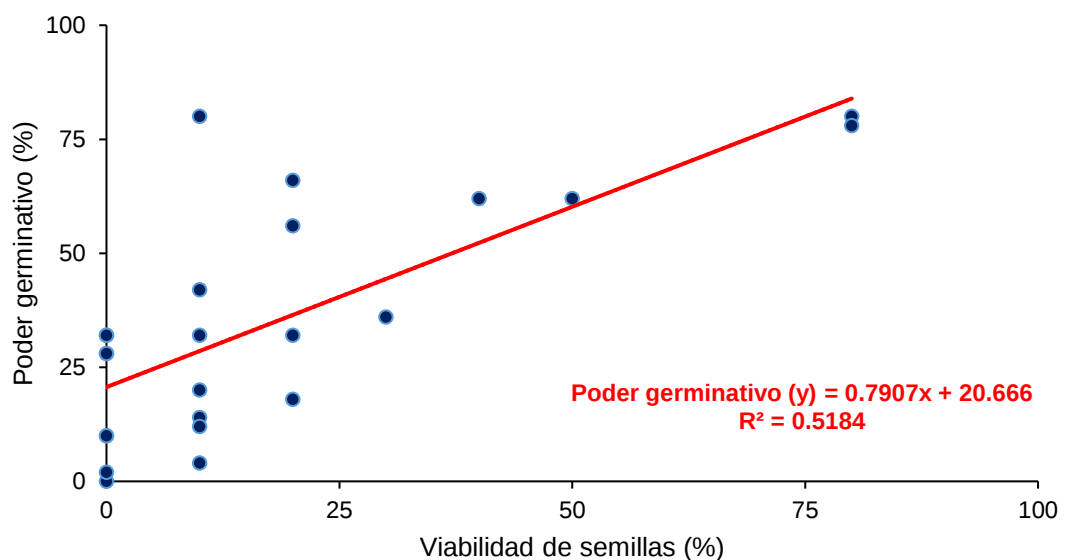


Figura 3. Gráfico de la ecuación lineal de la correlación entre la viabilidad y el poder germinativo de las semillas de *Artocarpus camansi*, con semillas almacenadas por 5 semanas.

4.1.2. Poder germinativo

Se encontró una diferencia estadística significativa con respecto a la germinación con un P valor menor a 0.0001, un coeficiente de variación igual a 19.31 % y un valor R² igual a 0.95 que nos confirma que los resultados obtenidos son en un 95.00 % efecto de los tratamientos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de variancia para el poder germinativo de las semillas de *Artocarpus camansi*, habiendo sido almacenadas por 5 semanas.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	P valor
Tratamiento	5	14137.33	2827.47	62.52	<0.0001
Error experimental	18	814.00	45.22		
Total	23				
C.V. (%)	19.31				

GL=grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; CV = Coeficiente de variación.
AS = Existió significación estadística al 1% de probabilidad.

Como se observa en el Cuadro 11; el poder germinativo de las semillas de *Artocarpus camansi*, a una temperatura promedio de 25.55°C, se vio afectado por los tratamientos en estudio. Se obtuvieron cuatro grupos estadísticos; siendo así el grupo “a” con el tratamiento T₂ (semillas sin reducción de humedad y fueron almacenadas a una temperatura de ± 25 °C), y el tratamiento T₁ (semillas sin reducción de humedad y fueron almacenadas a una temperatura de 20 °C) los que demostraron tener un mayor poder germinativo con 75.00 % y 56.50 %, respectivamente.

Además, los resultados muestran que la disminución de humedad de 10 % y 20 % en las semillas, junto con el almacenamiento a 20 °C y $\pm$ 25 °C, (Cuadro 11), tiene efectos negativos en el poder germinativo, como se puede observar en los demás grupos estadísticos “b”, “c” y “d”, donde los porcentajes del poder germinativo se encuentran entre 56.50 % a 4.50%. Aquí se ve que el tratamiento T₆ (semillas con disminución del 20 % de humedad y almacenamiento a $\pm$ 25 °C) es el que tiene un resultado inferior en valores numéricos; pero estadísticamente igual al tratamiento T₅ (semillas con disminución del 20 % de humedad y almacenamiento a 20 °C). Corroborando lo afirmado por BERJACK (2013) que opuesto al resultado obtenido con semillas ortodoxas donde la desecación aumenta el poder germinativo, las semillas recalcitrantes se vuelven muy sensibles a la desecación. La estructura celular de estas últimas se ve afectada cuando el nivel de agua en ellas disminuye; este daño celular produce varios cambios en la tasa de respiración, cromosomas, la actividad enzimática, etc. Todo esto contribuye a que el poder germinativo de las semillas se vea afectado negativamente. (ADELINA, 2014)

Cuadro 11. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para el poder germinativo de semillas de *Artocarpus camansi*, almacenadas durante 5 semanas y evaluadas durante un periodo de 10 semanas.

Tratamientos en estudio		Poder germinativo	
Clave	Descripción	(%)	Significancia
T ₂	Sin disminución de la humedad a ± 25 °C	75.00	a
T ₁	Sin disminución de la humedad a 20 °C	56.50	b
T ₃	Disminución del 10 % de humedad a 20 °C	32.00	c
T ₄	Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C	28.00	c
T ₅	Disminución del 20 % de humedad a 20 °C	13.00	d
T ₆	Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C	4.50	d

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística.

La curva de poder germinativo del tratamiento T₂ (Semillas sin disminución de la humedad y almacenadas a ± 25 °C) durante las diez semanas de evaluación; alcanzó un mayor porcentaje de poder germinativo en comparación a los resultados de los demás tratamientos en estudio (Figura 4), porque las semillas recalcitrantes como en el caso de las semillas de *Artocarpus camansi*, según ADELINA *et al.* (2014), no poseen un proceso de apagado metabólico ni diferenciación intracelular, ambos factores muy importantes en la tolerancia a la desecación y almacenaje.

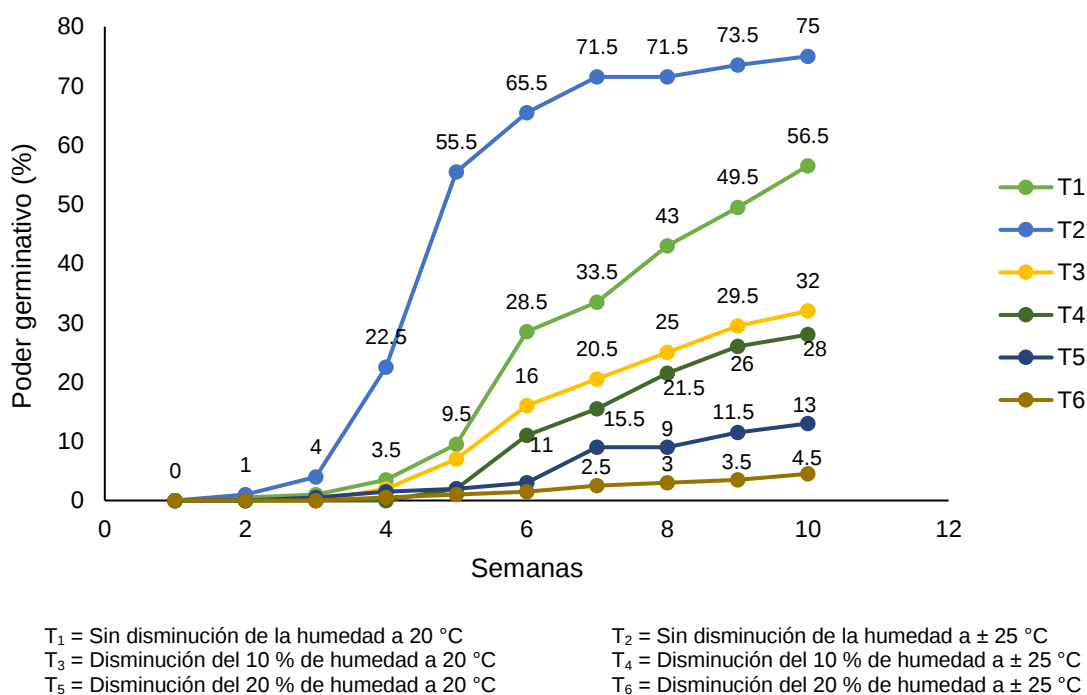


Figura 4. Curva del porcentaje de poder germinativo de semillas de *Artocarpus camansi* durante diez semanas, con semillas almacenadas por 5 semanas y evaluadas durante 10 semanas.

- Temperatura y poder germinativo

El Cuadro 12 muestra los promedios de los porcentajes de germinación en cada uno de los niveles de temperatura. Por otra parte, también se muestra el coeficiente de correlación de Pearson (0.04) entre la temperatura y el poder germinativo, resultando no significativo, por lo que se comprueba la no existencia de alguna dependencia o relación entre estas dos variables. . La data referente a estos cálculos se encuentra en el anexo cuadro 37.

Cuadro 12. Poder de germinativo (%) a diferentes temperaturas (°C) (media $\pm$ error estándar) con semillas almacenadas por 5 semanas y luego de 10 semanas de evaluación.

Temperatura (°C)	Promedio del poder germinativo (%)
20	33.83 $\pm$ 5.65
$\pm$ 25	35.83 $\pm$ 9.01
Coeficiente de correlación de Pearson	0.04 (p-valor=0.8525) NS

Semillas con almacenamiento de 5 semanas.

En la Figura 5, pese a que no se comprueba la correlación, se muestra la regresión lineal realizada entre la temperatura evaluada (20 y 25°C) y el poder germinativo entre las temperaturas evaluadas. Por lo que se observa, el incremento de la temperatura no influye en el poder germinativo de las semillas ($R^2=0.0016$), es decir, la semilla almacenada a 20 °C o a 25°C tiene el mismo poder germinativo, no encontrándose diferencias estadísticas entre ellas.

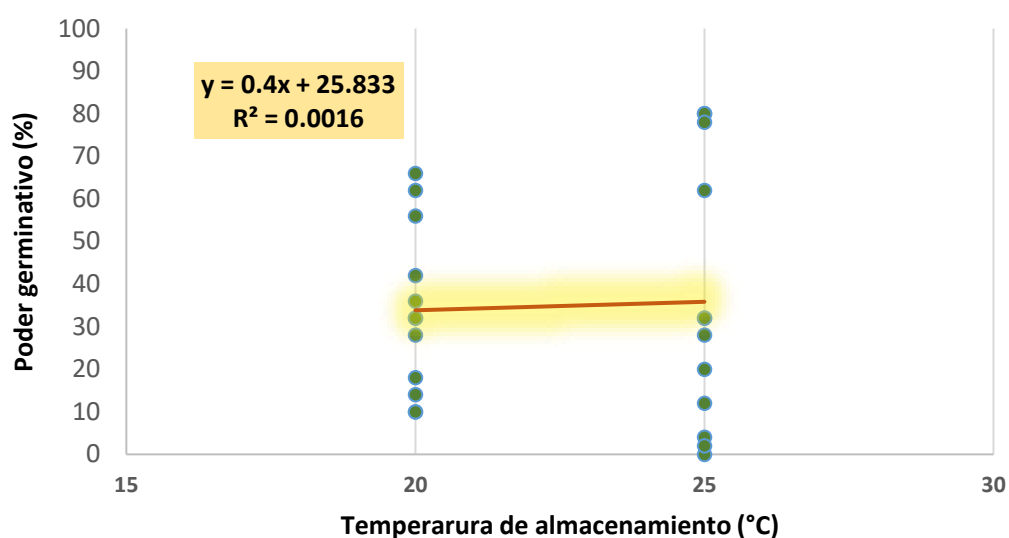


Figura 5. Regresión lineal entre la temperatura del almacenamiento y el poder germinativo de semillas de *Artocarpus camansi*, con semillas almacenadas por 5 semanas y evaluadas durante 10 semanas.

- **Porcentaje de humedad y poder germinativo**

En el Cuadro 13, se muestra el poder germinativo (%) de las semillas en cada uno de los niveles de decrecimiento de la humedad (%). Por otra parte, también se indica el análisis de correlación de Pearson, el cual muestra una alta dependencia entre los distintos grados de reducción de la humedad (%) con respecto al poder germinativo de la semilla (%). La data para el desarrollo de este cuadro se encuentra detallado en el anexo Cuadro 37.

Cuadro 13. Promedio del poder de germinativo (%) a diferentes niveles de reducción de la humedad (%) (Media $\pm$ error estándar) con semillas almacenadas por 5 semanas y luego de 10 semanas de evaluación.

Reducción de la humedad (%)	Promedio del poder germinativo (%)
0	65.75 $\pm$ 4.71
10	30.00 $\pm$ 1.69
20	8.75 $\pm$ 2.20
Coeficiente de correlación de Pearson	0.93 (p-valor >0.0001) **

** : Existe una alta dependencia o correlación entre los distintos porcentajes de humedad con el poder germinativo de la semilla.

La Figura 6 muestra la regresión lineal realizada entre los niveles de reducción de humedad (%) y el poder germinativo (%) de las de las semillas. Se puede observar que existe una correlación negativa muy alta igual a -0.93, cuya ecuación es $y = -2.85x + 63.333$. Asimismo, presenta un valor del coeficiente de determinación de 0.8692, lo cual nos indica que los efectos de la germinación son en un 86.9 % debido a los niveles de porcentaje de humedad en las semillas. Gráficamente observamos que a medida que se incrementa una unidad de la disminución de la humedad (%) de la semilla se reduce su poder germinativo a razón de 2.85%.

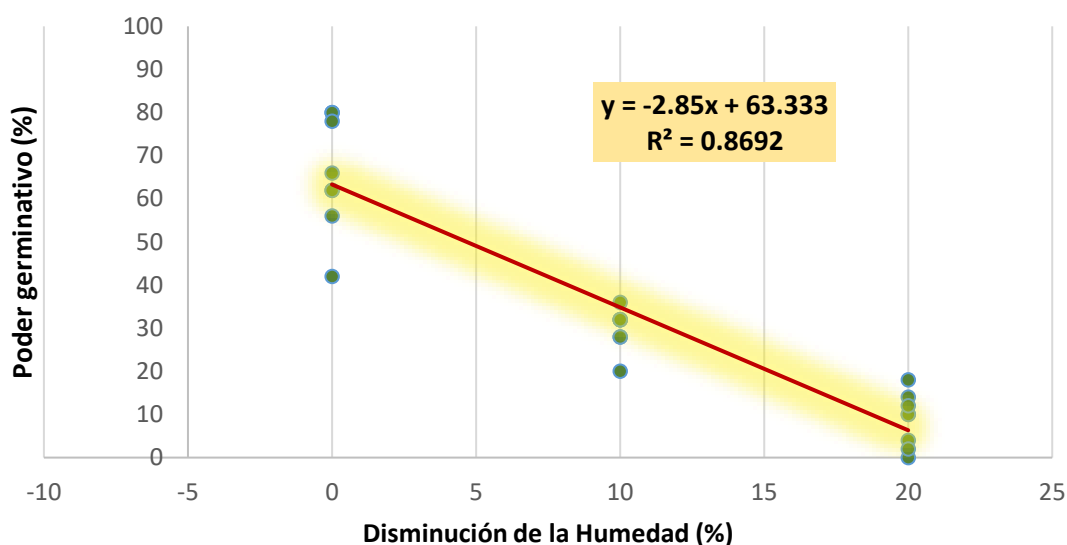


Figura 6. Ecuación lineal entre la disminución del porcentaje de humedad (%) y el poder germinativo (%) de semillas de *Artocarpus camansi*, con semillas almacenadas por 5 semanas y evaluadas durante 10 semanas.

Se realizaron así mismo, un análisis de correlación entre las variaciones de temperatura y reducción de humedad, siendo estas variables independientes, de lo que resultó con una correlación nula, es decir existe una ausencia de correlación entre estas dos variables, tal como se señala en el siguiente cuadro

Cuadro 14. Correlación de Pearson entre las variables temperatura y humedad.

Variable 1	Variable 2	Pearson	p-valor
T°C	%H	0	>0.9999

4.1.3. Desarrollo de planta

Las plantas se desarrollaron a una temperatura promedio de 25.55°C, precipitación promedio de 171.03mm, un porcentaje de humedad relativa promedio de 82.82 y tuvieron en promedio 51.08 horas de sol.

a. Longitud de raíz

Como se observa en el Cuadro 15, se encontró diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) altamente significativa entre las longitudes de las raíces de las plantas en los tratamientos en estudio. Lo cual indica que al menos uno de los tratamientos tuvo un resultado mucho más favorable en comparación con los demás a los tratamientos en estudio.

Cuadro 15. Análisis de variancia para la longitud de raíz de las plantas de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	P valor
Tratamiento	5	5189.41	1037.88	15.83	<0.0001
Error muestral	17	1114.62	65.57	3.11	
Error experimental	171	3608.59	21.10		
Total	193				
C.V. (%)	25.58				

GL=grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; CV = Coeficiente de variación.
S = Existió significación estadística al 5 % de probabilidad.

Como se muestra en el Cuadro 16, en el análisis con la prueba de DGC se encontraron dos grupos, “a” y “b”, estadísticamente diferentes para la variable longitud de raíz de las plantas.

Cuadro 16. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para la longitud de raíz de plantas de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

Tratamientos en estudio		Longitud de raíz	
Clave	Descripción	(cm)	Significancia
T ₂	Sin disminución de la humedad a ± 25 °C	23.15	a
T ₃	Disminución del 10 % de humedad a 20 °C	22.43	a
T ₄	Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C	20.42	a
T ₁	Sin disminución de la humedad a 20 °C	12.93	b
T ₆	Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C	11.47	b
T ₅	Disminución del 20 % de humedad a 20 °C	9.74	b

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística.

Los tratamientos del grupo “a” , como el T₂ (Sin disminución de la humedad y almacenados a ± 25 °C), T₃ (Disminución del 10 % de humedad y almacenados 20 °C) y T₄ (Disminución del 10 % de humedad y almacenados ± 25 °C); obtuvieron plantas con raíces más grandes, en comparación a los demás tratamientos en estudio. Esto se debe a que las semillas sometidas a almacenamiento pueden sufrir un retraso en el crecimiento y desarrollo (BUIRAGO *et al.*, 2004); además, disminuir el porcentaje de humedad y

temperatura causa un efecto negativo en la viabilidad lo cual también causa un retraso en crecimiento de raíces (JUSTICE y BASS, 1978).

Se realizó el análisis de correlación entre la longitud radicular con la temperatura de almacenamiento (°C) y la disminución de la humedad (%H), los cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 17. Coeficiente de Pearson de la longitud radicular con la temperatura y humedad de evaluación.

Variable(1)	Variable(2)	Pearson	p-valor
Disminución de Humedad	Longitud radicular	-0.24	0.0006
Temperatura de almacenamiento	Longitud radicular	0.40	<0.0001

Con respecto a la correlación entre la disminución de la humedad y a longitud radicular se observa una correlación negativa baja (-0.24), mientras que para la temperatura de almacenamiento se observa una correlación positiva moderada (0.40), lo cual indica que la temperatura de almacenamiento influye directamente sobre la longitud radicular. Las figuras 7 y 8 de regresión ilustran mejor este comportamiento.

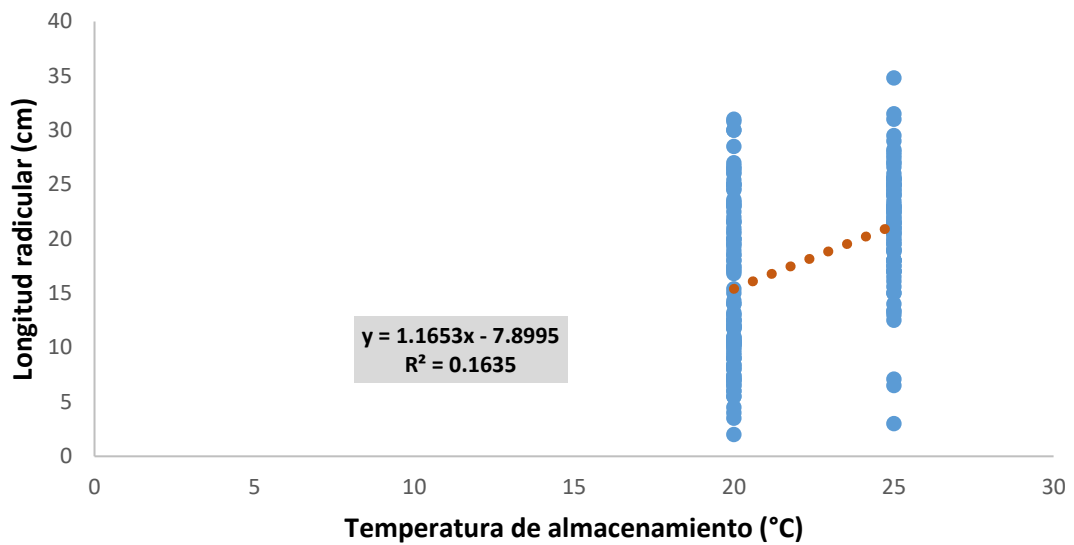


Figura 7. Regresión lineal entre la temperatura de almacenamiento y la longitud radicular.

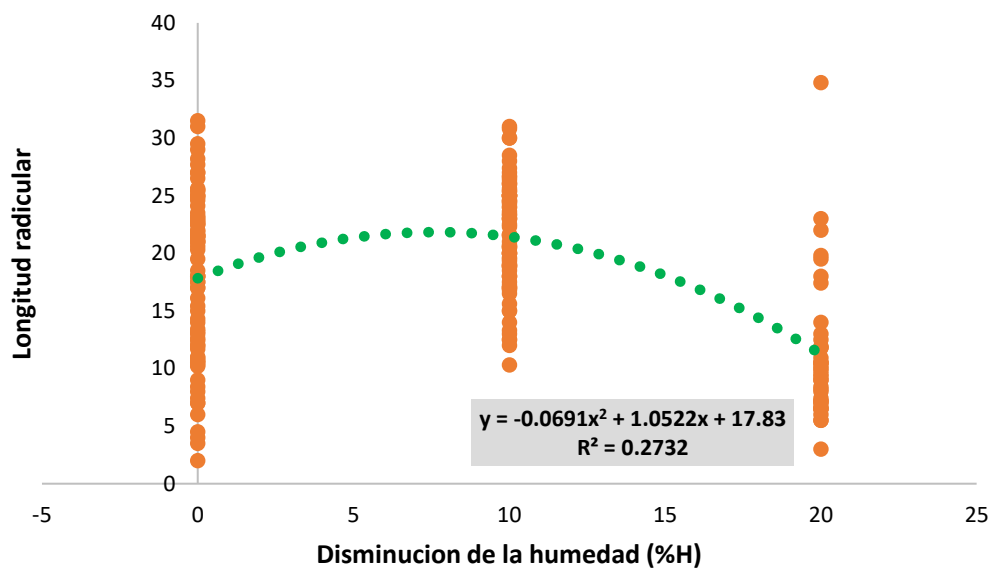


Figura 8. Regresión lineal de la disminución de la humedad con la longitud radicular.

Con respecto a la correlación que existe entre la altura de planta y la longitud radicular. El efecto de la altura de planta según la Figura 9, muestra una línea de regresión simple con un coeficiente de correlación positivo bajo igual a 0.3276, cuya ecuación es $0.5111x + 4.3507$. De la misma manera, presenta un coeficiente de determinación de 0.3276 cuyo valor indica que el 32.76 % de la variación en la longitud de raíz se debe a la altura de planta.

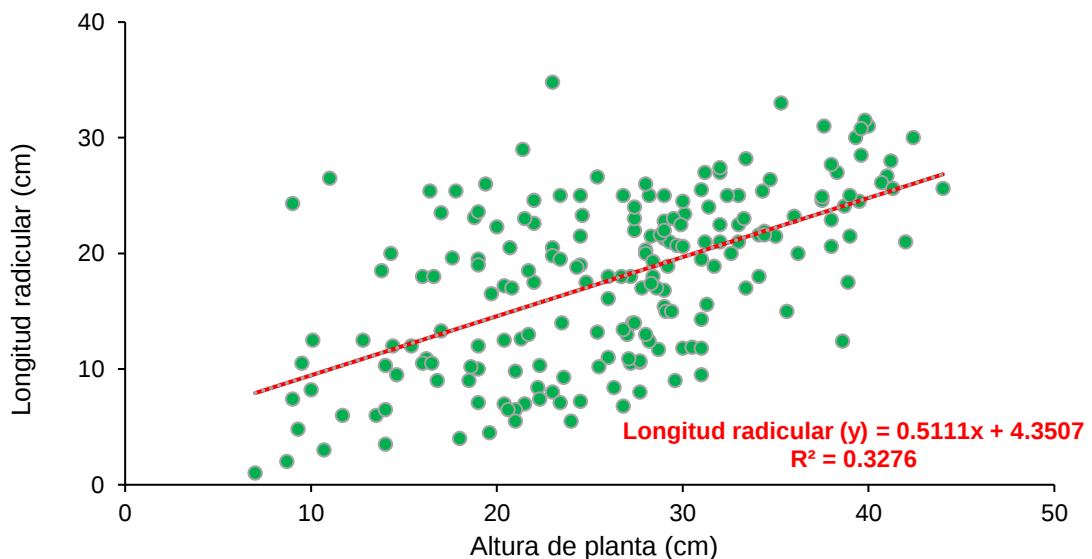


Figura 9. Ecuación lineal de la correlación entre la altura de planta y la longitud de raíz en plantas de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

b. Volumen de raíz

En el Cuadro 18 se muestra el análisis de variancia, vemos que se logró encontrar en el volumen de raíz una diferencia estadística ($P = 0.0001$) y un coeficiente de variación de 21.45. Demostrando así que, al menos uno de los tratamientos tiene un efecto superior en comparación con el resto de los tratamientos en estudio.

Cuadro 18. Análisis de variancia para el volumen de raíz de las plantas de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	P valor
Tratamiento	5	10.75	2.15	10.55	0.0001
Error muestral	17	3.46	0.20	1.76	
Error experimental	165	19.13	0.12		
Total	187				

C.V. (%) 21.45

GL=grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; CV = Coeficiente de variación.
S = Existió significación estadística al 5 % de probabilidad.

Utilizando la prueba de DGC para el análisis de datos como se ve en el Cuadro 19, se definieron dos grupos estadísticos; siendo el grupo “a” conformado por los tratamientos T₂ (Sin disminución de la humedad y almacenamiento a $\pm 25^{\circ}\text{C}$) y T₃ (Disminución del 10 % de humedad y almacenamiento a 20°C) que dieron mejores resultados estadísticamente, en

comparación a los demás tratamientos en estudio respecto al volumen radicular, con promedios de 3.22 ml y 2.63 ml, respectivamente.

Sin embargo, se observa que los tratamientos pertenecientes al grupo “b” tuvieron resultados desfavorables estadísticamente en comparación a los tratamientos del grupo “a”, porque es muy probable que la disminución de la humedad en las semillas y las cuales fueron almacenados a temperaturas de 20 °C y ± 25 °C, deterioran las semillas recalcitrantes (ADELINA *et al.*, 2014), y las semillas deterioradas tienen un efecto negativo sobre el desarrollo de raíces y tallos (ABDALLA Y ROBERTS, 1968).

Cuadro 19. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para el volumen de raíz de plantas de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

Tratamientos en estudio		Volumen radicular	
Clave	Descripción	(ml)	
T ₂	Sin disminución de la humedad a ± 25 °C	3.22 $\pm$ 0.07	a
T ₃	Disminución del 10 % de humedad a 20 °C	2.63 $\pm$ 0.07	a
T ₄	Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C	1.84 $\pm$ 0.07	b
T ₅	Disminución del 20 % de humedad a 20 °C	1.38 $\pm$ 0.09	b
T ₆	Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C	1.30 $\pm$ 0.19	b
T ₁	Sin disminución de la humedad a 20 °C	1.19 $\pm$ 0.08	b

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística, según prueba de DGC al 5% de nivel de significancia.

Asimismo, se realizaron análisis de correlación de Pearson del volumen radicular con la temperatura de almacenamiento y la disminución de humedad. Los resultados se detallan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Correlación de Pearson para la humedad y temperatura con el volumen radicular

Variable(1)	Variable(2)	Pearson	p-valor
Disminución de la humedad (%H)	Volumen radicular	-0.20	0.0057
Temperatura de almacenamiento (°C)	Volumen radicular	0.23	0.0015

Como se observa en el cuadro 20, en ambos casos presenta un coeficiente de Pearson bajo. Esto indica una baja correlación entre las variables evaluadas con respecto al volumen radicular. Este comportamiento se ilustra con las regresiones lineales que genera esta correlación.

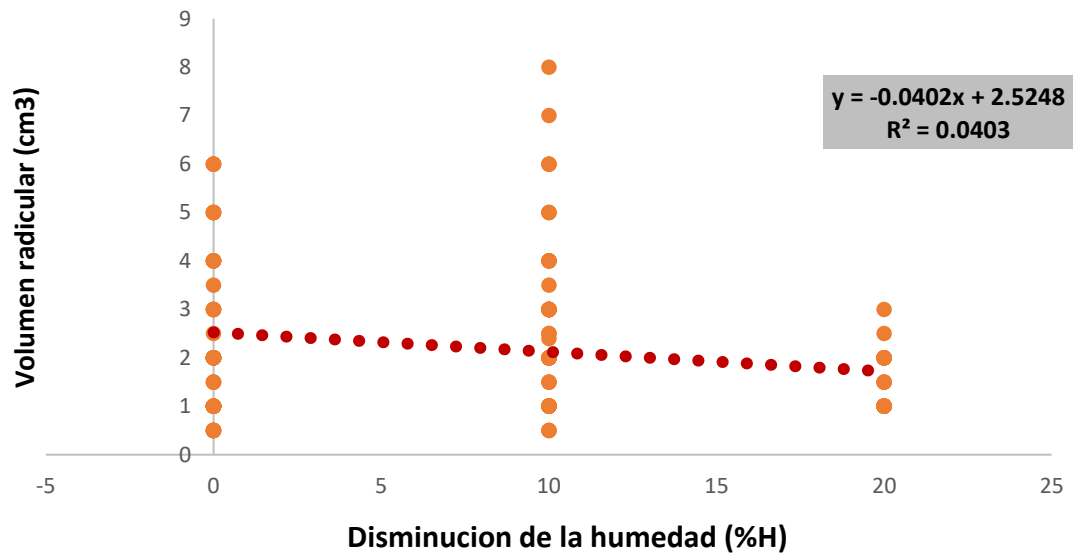


Figura 10. Regresión lineal de la disminución de la humedad con el volumen radicular.

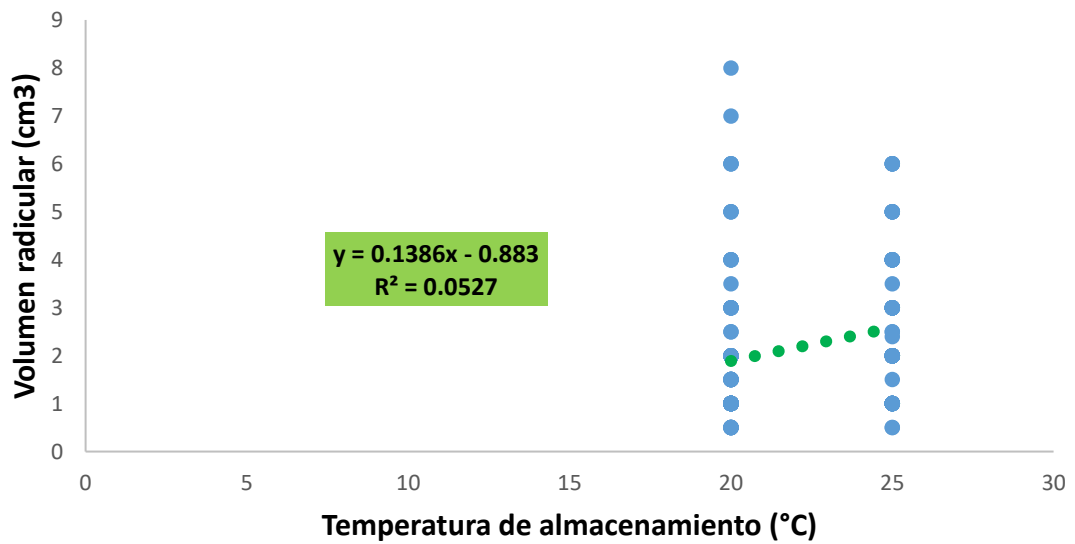


Figura 11. Regresión lineal entre la temperatura de almacenamiento y el volumen radicular.

El volumen radicular sobre el efecto de la altura de planta muestra una correlación de Pearson de 0.67 calificada como una correlacion positiva moderada. Según la Figura 12, muestra una línea de regresión lineal con un coeficiente de determinación de 0.4512 cuyo valor indica que el 45.12 % de la variación en el volumen de raíz se debe a la altura de planta de este experimento.

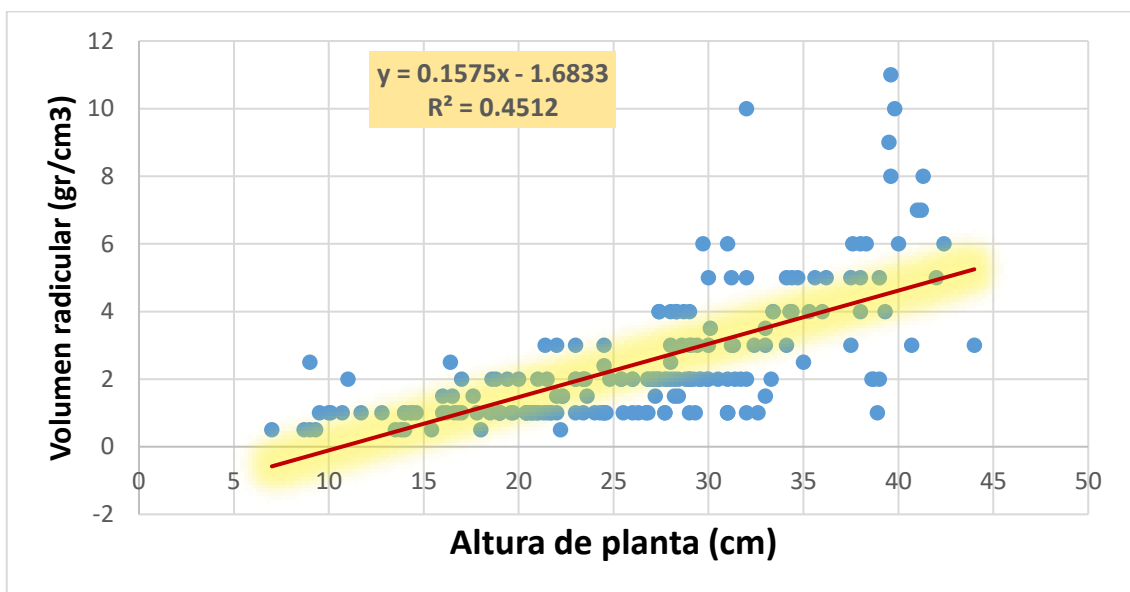


Figura 12. Regresión lineal entre la altura de planta y el volumen de raíz de planta de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

c. Diámetro de tallo

En el cuadro 21, se observa que la evaluación de diámetro de tallo mostró una diferencia estadística significativa ($p = 0.0235$), indicando que al menos un tratamiento es mejor que los demás tratamientos en estudio.

Cuadro 21. Análisis de variancia para el diámetro del tallo de las plantas de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	P valor
Tratamiento	5	10.03	2.01	3.50	0.0235
Error muestral	17	9.75	0.57	1.88	
Error experimental	174	52.99	0.30		
Total	196				
C.V. (%)	11.81				

GL=grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; CV = Coeficiente de variación.
S = Existió significación estadística al 5 % de probabilidad.

Como se muestra en el cuadro 22, luego de realizar la prueba de DGC. Podemos observar dos grupos estadísticos “a” y “b”, siendo los tratamientos T₃, T₂ y T₄ pertenecientes al grupo “a” los que tuvieron diámetros de tallos mayores. De manera similar a la longitud de raíz el diámetro del tallo de la planta tiene una respuesta favorable a estos tres tratamientos. Esto se debe a que las semillas del género *Artocarpus* se deterioran con mucha más facilidad (ADELINA *et al.*, 2014) lo cual llega a afectar el vigor de las semillas para poder producir plantas (DA SILVA *et al.*, 2019).

Cuadro 22. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para el diámetro del tallo de plantas de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

Tratamientos en estudio		Diámetro de tallo	
Clave	Descripción	(mm)	Significancia
T ₃	Disminución del 10 % de humedad a 20 °C	4.92	a
T ₂	Sin disminución de la humedad a ± 25 °C	4.81	a
T ₄	Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C	4.79	a
T ₅	Disminución del 20 % de humedad a 20 °C	4.59	b
T ₆	Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C	4.41	b
T ₁	Sin disminución de la humedad a 20 °C	4.29	b

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística.

d. Altura de planta

El Cuadro 23, se muestra el análisis estadístico de la altura de planta donde se obtuvo un p valor 0.0004, significativo. Que nos indica que al menos uno de los tratamientos tuvo un efecto superior comparándolo con los demás tratamientos en estudio.

Cuadro 23. Análisis de variancia para la altura de planta de las plantas de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	P valor
Tratamiento	5	14099446.40	2001560.47	8.32	0.0004
Error muestral	17	10007802.34	240684.94	1.92	
Error experimental	176	4091644.06	125670.31		
Total	198				
C.V. (%)	46.42				

GL=grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; CV = Coeficiente de variación.
S = Existió significación estadística al 5 % de probabilidad.

En el Cuadro 24, luego de hacer la evaluación con la prueba de DGC, se obtuvieron los grupos estadísticos “a”, “b” y “c”. Siendo el grupo “a” el que significativamente obtuvo las plantas con mayor altura en comparación a los demás tratamientos en estudio. En este grupo solamente contiene al tratamiento T₂, donde las semillas no tuvieron ninguna disminución de la humedad y fueron almacenadas a ± 25 °C, y esto se deba probablemente según PÉREZ (2014), a que las semillas recalcitrantes requieren de un alto porcentaje de humedad para mantener su viabilidad y vigor; pero además según el autor, la disminución de temperatura de almacenamiento para las semillas que provienen de plantas de climas tropicales, puede ser perjudicial para el desarrollo de plantas nuevas. Por

eso, los tratamientos con disminución de humedad, estadísticamente obtuvieron plantas con menor altura de planta.

Cuadro 24. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para la altura de planta de plantas de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

Tratamientos en estudio		Altura de planta	
Clave	Descripción	(cm)	Significancia
T ₂	Sin disminución de la humedad a ± 25 °C	33.60	a
T ₃	Disminución del 10 % de humedad a 20 °C	29.79	b
T ₄	Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C	27.20	b
T ₁	Sin disminución de la humedad a 20 °C	23.88	c
T ₅	Disminución del 20 % de humedad a 20 °C	23.54	c
T ₆	Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C	17.93	c

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística.

Asimismo, se realizaron análisis de correlación de Pearson para la altura de la planta considerando la disminución de la humedad y temperatura de almacenamiento. Estos coeficientes resultaron con una correlación baja en ambos casos. Los resultados se detallan en el cuadro 25.

Cuadro 25. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables temperatura y humedad con respecto a la altura de planta.

Variable(1)	Variable(2)	Pearson	p-valor
Disminución de la humedad (%H)	Volumen radicular	-0.25	0.0003
Temperatura de almacenamiento (°C)	Volumen radicular	0.24	0.0008

Se ilustran las regresiones lineales correspondientes para ambos casos en la siguiente figura.

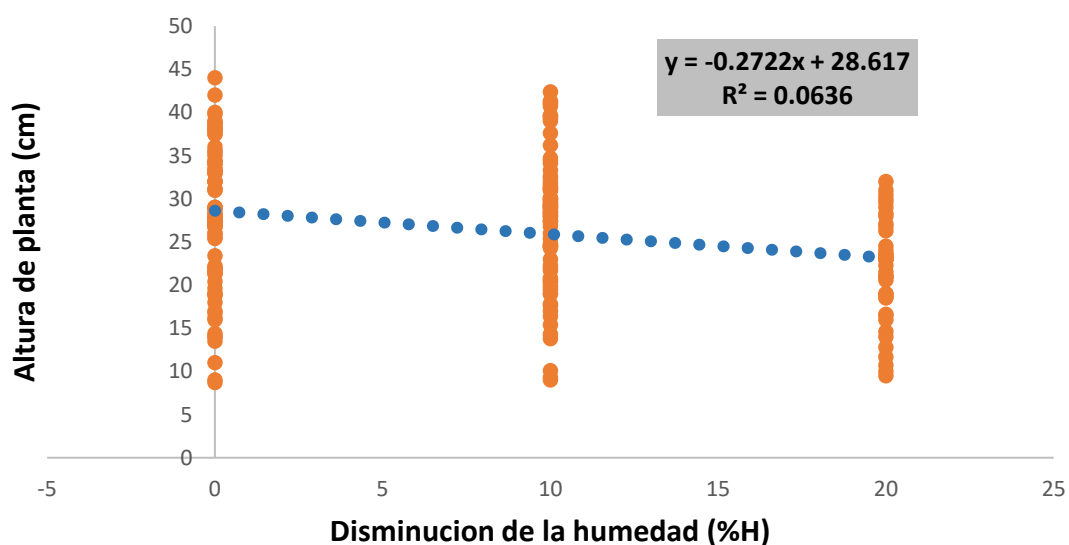


Figura 13. Regresión lineal de la disminución de la humedad (%H) con respecto a la altura de planta.

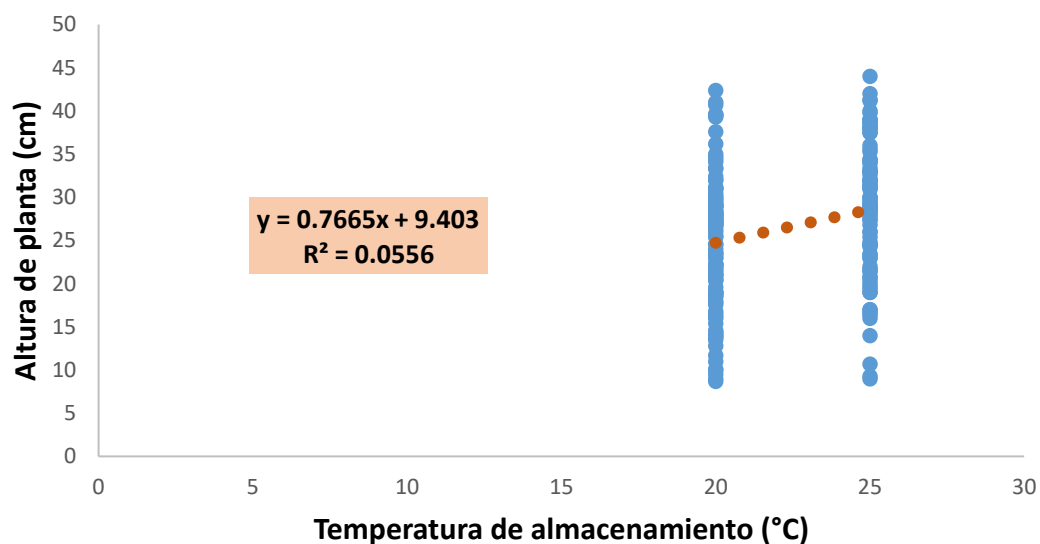


Figura 14. Regresión lineal de la temperatura de almacenamiento (°C) con respecto a la altura de planta

e. Numero de hojas

El Cuadro 26, muestra el análisis de variancia del número de hojas, donde se obtuvo un p valor 0.0052, significativo; lo que nos indica que al menos uno de los tratamientos tuvo un efecto mayor que los demás tratamientos.

Cuadro 26. Análisis de variancia del número de hojas por planta de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	P valor
Tratamiento	5	626.21	125.24	5.03	0.0052
Error muestral	17	422.99	24.88	2.61	
Error experimental	177	1685.58	9.52		
Total	199				
C.V. (%)	64.16				

GL=grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; CV = Coeficiente de variación.
S = Existió significación estadística al 5 % de probabilidad.

Las semillas recalcitrantes requieren de un alto porcentaje de humedad para mantener su viabilidad (PERÉZ, 2014) la pérdida de agua en ellas puede llevar a la pérdida de viabilidad (PAMMENTER *et al.*, 1994) y ello a una pérdida de vigor (DA SILVA *et al.*, 2019) lo que hace que no puedan desarrollarse con normalidad. Debido a esto vemos que el tratamiento T₂ (Sin disminución de la humedad y almacenado a ± 25 °C), tiene las plantas con la mayor cantidad de hojas, indicando así un mejor desarrollo en comparación con los otros tratamientos (Cuadro 27).

Cuadro 27. Prueba de DGC ($\alpha=0.05$) para el número de hojas por planta de *Artocarpus camansi*, obtenidas a partir de semillas almacenadas por 5 semanas y desarrolladas por 10 semanas.

Tratamientos en estudio		Hojas por planta	
Clave	Descripción	(hojas)	Significancia
T ₂	Sin disminución de la humedad a ± 25 °C	1.53	a
T ₃	Disminución del 10 % de humedad a 20 °C	1.00	b
T ₆	Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C	0.89	b
T ₄	Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C	0.73	b
T ₁	Sin disminución de la humedad a 20 °C	0.63	b
T ₅	Disminución del 20 % de humedad a 20 °C	0.61	b

Las columnas agrupadas por la misma letra agrupan tratamientos que no presentan diferencia estadística.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la disminución de la humedad y temperatura podría tener una influencia negativa en la viabilidad de las semillas de pan de árbol durante su almacenamiento.
2. Se determinó que la metodología más adecuada de almacenamiento de semillas de pan de árbol sería la del tratamiento T₂ (Sin disminución de la humedad a ± 25 °C), donde las semillas no sufrieron disminución de porcentaje de humedad ni es almacenada a una temperatura menor a la temperatura de ambiente. Manteniendo un alto poder germinativo y un buen desarrollo de planta.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer más pruebas con temperaturas que varíen entre 20 °C y 25 °C.
2. Se recomienda hacer más pruebas con disminución del porcentaje de humedad no menor del 10 %.

VII. RESUMEN

El trabajo de investigación consistió en evaluar la influencia del porcentaje de humedad y la temperatura en la viabilidad de las semillas de *Artocarpus camansi* F. blanco y la metodología más adecuada de almacenamiento para mantener el porcentaje de viabilidad de las semillas en lo más alto durante mayor tiempo. Se extrajeron 1200 semillas de frutos maduros y se les dividió en 200 semillas por tratamiento en estudio los cuales fueron: T₁ (Sin disminución de la humedad almacenada a 20 °C), T₂ (Sin disminución de la humedad almacenada a ± 25 °C), T₃ (Disminución del 10 % de humedad almacenada a 20 °C), T₄ (Disminución del 10 % de humedad almacenada a ± 25 °C), T₅ (Disminución del 20 % de humedad almacenada a 20 °C) y T₆ (Disminución del 20 % de humedad almacenada a ± 25 °C). Estas semillas fueron almacenadas por cinco semanas. Al finalizar el experimento se observó una diferencia estadística en las diferentes evaluaciones favoreciendo al tratamiento T₂ (Sin disminución de la humedad almacenada a ± 25 °C) con respecto a los demás tratamientos. Al tener este un porcentaje de viabilidad promedio de 55 %, un poder germinativo promedio de 75 % y con respecto al desarrollo de planta, el promedio de longitud de raíz que tuvo fue de 23.15 cm, el volumen de raíz promedio fue de 3.22 ml, el diámetro de tallo promedio fue de 4.92 mm, la altura de planta promedio fue de 33.60 y el número de hojas promedio que obtuvo fue de 1.53. Estos resultados nos llevan a conclusión que es mejor no reducir el porcentaje de humedad de las semillas

y tampoco se les debe someter a una disminución de temperatura para poder ser almacenadas.

ABSTRACT

The research work consisted of evaluating the influence of the percentage of humidity and temperature on the viability of the seeds of *Artocarpus camansi* F. blanco and the most appropriate storage methodology to keep the percentage of viability of the seeds at the highest level for a longer period of time. Weather. 1200 seeds were extracted from ripe fruits and they were divided into 200 seeds per study treatment, which were: T₁ (No decrease in stored humidity at 20 ° C), T₂ (No decrease in stored humidity at ± 25 ° C), T₃ (10% decrease in stored humidity at 20 ° C), T₄ (10% decrease in stored humidity at ± 25 ° C), T₅ (20% decrease in stored humidity at 20 ° C) and T₆ (Decrease 20% humidity stored at ± 25 ° C). These seeds were stored for five weeks. At the end of the experiment, a statistical difference was observed in the different evaluations favoring the T₂ treatment (No decrease in stored humidity at ± 25 ° C) with respect to the other treatments. As this has an average viability percentage of 55 %, an average germination power of 75 % and with respect to plant development, the average root length was 23.15 cm, the average root volume was 3.22 ml, the average stem diameter was 4.92 mm, the average plant height was 33.60 and the average number of leaves obtained was 1.53. These results lead us to the conclusion that it is better not to reduce the humidity percentage of the seeds and neither should they be subjected to a decrease in temperature in order to be stored.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ABDALLA, F. H.; ROBERTS, E. H. 1968. The effect of seed storage conditions on the growth and yield of barley, broad beans, and peas. Botany Department. University of Manchester. Manchester, UK. Pp 171-184.
2. ACERO, L. 2005. Guía para el cultivo y aprovechamiento del árbol del pan (*Artocarpus altilis* (Park.) Fosberg.). Convenio Andrés Bello. SECAB, Ciencia y Tecnología N° 72, primera impresión. Bogotá, Colombia. 56 p.
3. ADELINA, E.; SUTUPO, L.; GURITNO, B.; KUSWANTO. 2014. Mutual effect of drying on jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) seed viability to water critical level for storage indicator. Scholars Academic Journal of Biosciences. Indonesia. Pp. 909-912.
4. ALTMAN, P., y DITTMER, D. 1972. Biology Data Book Second Edition Volume I. Federation of American Societies for Experimental Biology. USA.
5. BASANTES, A. 2010. Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa de industrialización y comercialización del fruti-pan (*Artocarpus altilis*) en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura. Tesis para optar título de Ingeniera en Contabilidad y Auditoría - Contadora Publica Autorizada. Universidad Técnica del Norte. Ecuador. 161 p.

6. BERJACK, P., y PAMMENTER, N. 2013. Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds. *Frontiers in Plant Science*. South Africa. Pp. 1-7.
7. BUITRAGO, N.; RAMÍREZ, M.; GÓMEZ, A.; RIVERO, G., y PEROZO, A. 2004. Efecto del almacenamiento de las semillas y la condición de luz possiembra sobre la germinación y algunas características morfológicas de plantas de níspero (*Manilkara zapota* (Van Royen) (Jacq) Gill) a nivel de vivero. Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21 (4): 344-353.
8. CALZADA, B.J. 1982. *Métodos estadísticos para la investigación*. Lima, Perú. 644 p.
9. CHIN, H. 1988. Recalcitrant seed – a status report. International Board for Plant Genetic Resources. Roma, Italia. 25 p.
10. DA SILVA, D.; STUEPP, C.; WENDLING, I.; HELM, C., y CAMARGO ANGELO, A. 2019. Influence of seed storage conditions on quality of *Torresea creana* seedlings. *CERNE*, 25 (1): 60 – 67.
11. ELLIS, R. y ROBERTS, E. 1980. *Hacia una base racional para evaluar la calidad de la semilla: producción moderna de semillas*. Traducida al español por Federico Stanham. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 40 p.
12. FAO. 2013. *Cultivo tradicional del mes: pan de árbol*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). ([En línea]: pan de árbol, <http://www.fao.org/traditional-crops/breadfruit/es/>, visitado el 10 de septiembre del 2018).

13. FARRANT, J. 1997. Subcellular organization and metabolic activity during the development of seeds that attain different levels of desiccation tolerance. *Seed Sci. Res.*, 7: 137-144.
14. NUEZ, F.; PHOHENS, J., y RUIZ, J. 2000. Bancos de germoplasma y recuperación de variedades tradicionales. Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana - Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 7 p.
15. FRANCIS, J., y LOWE, C. 2000. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Río Piedras, Puerto Rico. 582 p.
16. GAWANKAR, M.; HALDANKAR, P.; PAWAR, C.; BURONDKAR, M.; DHEKALE, J.; JAMADAGNI, B.; HALDAVANEKAR, P. 2020. Critical moisture level for seed viability in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Emergent Life Sciences Research*, 6(1): 1-5.
17. HARRINGTON, J. 1972. Seed storage and longevity. Kozlowski, T. ed. *Seed Biology*. Academic Press. New York, USA.
18. HARTMANN, H. y KESTER, D. 1997. Propagación de plantas. Segunda edición. Compañía Editorial Continental S.A. México. 760 p.
19. HERNÁNDEZ, F. 2009. Propiedades nutritivas y curativas del árbol del pan o yaca (*Artocarpus* sp.). Escuela de Enfermería - Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. ([En línea]: Pan de árbol, <http://www.tlahui.com/medic/medic27/yaca.htm>, visitado el 10 de septiembre del 2018).

20. HOLMES, G., y BUSZEWICZ, G. 1958. The storage of seed of temperate forests tree species. *Forest. Abstr.*, 19: 313-322.
21. HONG, D., y ELLIS, H. 1996. A protocol to determine seed storage behavior. Department of Agriculture- The University of Reading. UK. 62 p.
22. INTERNACIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES. 1977. IBPGR Annual Report 1976. Roma, Italia.
23. JENSEN, M. 1995. Trees commonly cultivated in Southeast Asia: an illustrated field guide. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, 1995. Bangkok, Thailand. 229 p.
24. JUSTICE, O., y BASS, L. 1978. Principles and practices of seed storage. United States Department Of Agriculture. USA. 296 p.
25. KING, M., y ROBERT, E. 1979. The storage of recalcitrant seeds: Achievements And Possible Approaches. International Board For Plant Genetic Resources. Roma, Italia. 40 p.
26. LITTLE, E., and SKOLMEN, R. 1989. Common forest trees of Hawaii (native and introduced). Agriculture Handbook Washington. US Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC, USA. 327 p.
27. MAGUINI, E. 1962. Aparatos y procedimientos para la manipulación de semillas forestales II: Tratamientos sanitarios, almacenamiento, ensayos de semillas y transporte. *UNASYLVA*, 16 (1): 20 – 35.
28. MONTES, A. 1998. Fisiología de semillas de hortalizas. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. Pp.1-3.
29. MORTON, J. 1987. Fruits in warm climates. Florida Flair Books. Miami, USA. Pp. 281-286.

30. MOORE, J., y JANICK, J. 1988. métodos genotécnicos en frutales. Editorial Calipso, S.A. México. 606 p,
31. MUMFORD M., y BRETT, C. 1982. Conservation of cacao seed. Trop. Agric., 59: 306-310.
32. ORWA, C.; MUTUA, A.; KINDT, R.; SIMONS, A., y JAMNADASS, R. 2009. Agroforestry database: a tree reference and selection guide version 4.0. World Agroforestry Centre. Kenya. 50 p.
33. PAMMENTER, N.; BERJAK, P.; FARRANT, J.; SMITH, M., y ROSS, G. 1994. Why do stored hydrated recalcitrant seeds die?. University of Natal. South Africa. Pp. 187-190.
34. PERÉZ, L.; RODRIGUEZ, N.; VARGAS, O., y MELGAREJO, L. 2014. Semillas de plantas de páramo: ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica. Germinación y dormancia de semillas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 117 p.
35. PRITCHARD, H.W. 1991. Water Potential and embryonic axis viability in recalcitrant seeds of *Quercus rubra*. ANN.BOT., 67:43-49
36. RAGONE, D. 2006. *Artocarpus altilis* (breadnut). in Traditional Trees of Pacific Islands: Their culture environment and use. Edited by C.R. Elevitch. Permanent Agriculture Resources, Holualoa, Hawai'i. USA. Pp. 85- 100.
37. RAGONE, D. 2006b. *Artocarpus camansi* (breadnut). in Traditional Trees of Pacific Islands: Their culture environment and use. Edited by C.R. Elevitch. Permanent Agriculture Resources, Holualoa, Hawaii. USA. Pp. 101-110.

38. ROBERT, E. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology*, 1: 499-514.
39. ROBERTS, L. 2012. Breadnut and breadfruit propagation: A manual for comercial propagation. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy. 28 p.
40. ROJAS, M. y RAMÍREZ, H. 1993. Control hormonal del desarrollo de las plantas. *Fisiología – Tecnología – Experimentación*. Segunda editorial. Editorial Limusa. México. 236 p.
41. ROWE, F., y GORDON, A. 1981. Studies on the effect of pre-chilling periods on gibberellins used to stimulate the seed germination of *Nothofagus obliqua* and *N. procera*. *Seed Sci. & Technol.*, 9 (3): 823- 838.
42. SERRADA, R. 2000. Apuntes de repoblaciones forestales: generalidades sobre semillas forestales. FUCOVASA. Madrid, España. 77 p.
43. STEIN, W.; SLABAUCH, P., y PLUMER, A. 1974. Harvesting, processing, and storage of fruits seeds. In: *Seeds of woody plants in the United States*, Agricultural Handbook, n.450, Forest Service, USDA, Washington D.C. USA. Pp. 98-125.
44. TOMPSETT, P. 1984. Desiccation and storage studies on dipterocarpus seeds. *Ann. Appl. Biol.*, 110: 371-379.
45. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA (UPV). 2003. Germinación de semillas: Parte III, tema 17. Editado por la Universidad Politécnica De Valencia. Valencia, España. ([En línea]: Germinación de semillas, (http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm#Tipos%20de%20Germinaci%C3%B3n., visitado el 19 de noviembre del 2020).

46. VAZQUEZ, C., y TOLEDO, J. 1989. El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales: problemas y aplicaciones. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 49. 50-69.
47. WANG, C. 1971. Effect of temperature on development of premature ripening in 'Bartlett' pears. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 96: 122–125.
48. WARRIER, R.; SINGH, B.; RAVICHAND, A.; SIVAKUMAR, V.; GETTHA, S.; KUMAR, A.; HEGDE, M. 2006. Standardization of storage conditions to prolong viability of seeds of *Artocarpus heterophyllus* Lam a tropical fruit tree. Institute of Forest Genetics and Tree Breeding, Forest Campus. Coimbatore, India. 45 p.

IX. ANEXO



Figura 15. Determinación de porcentaje de humedad de las semillas.



Figura 16. Recolección de frutos en campo.



Figura 17. Determinación de viabilidad de semillas por el método de tetrazolio.

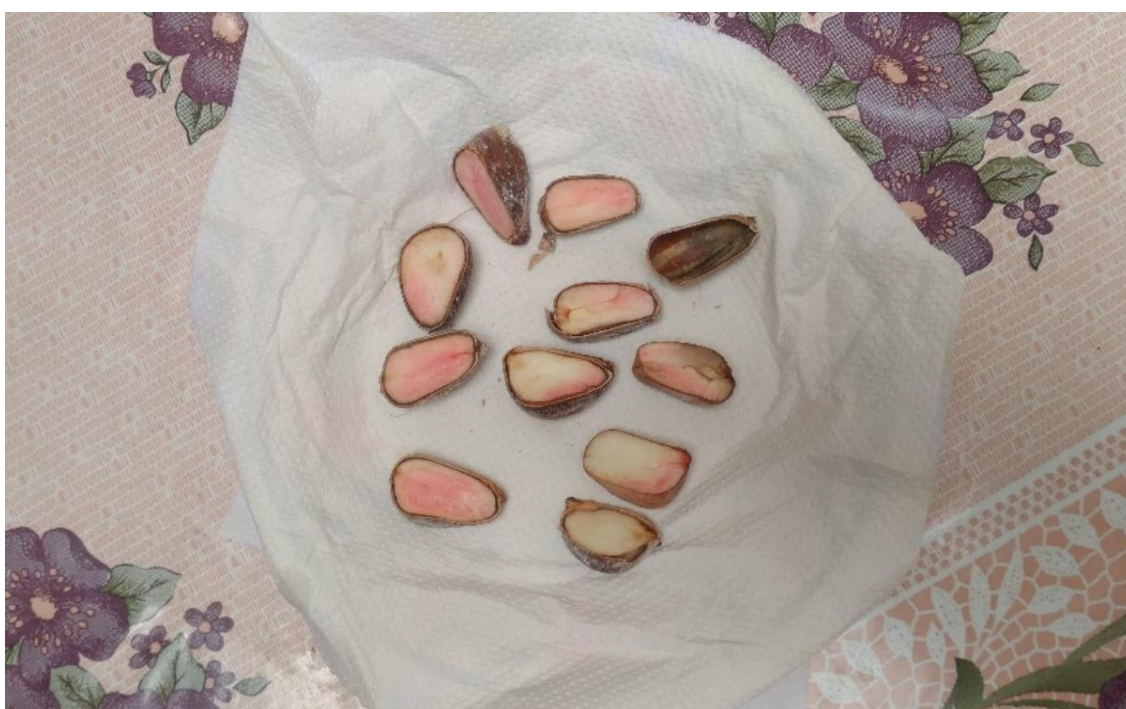


Figura 18. Semillas puestas sobre papel embebido con solución de tetrazolio al 1 %.



Figura 19. Instalación de bolsas maceta en vivero.



Figura 20. Revisión de brotes por tratamiento.



Figura 21. Revisión de brotes en los tratamientos.



Figura 22. Experimento instalado y sectorizado por tratamientos.



Figura 25. Visita del Ing. M. Sc. Ing. Gianfranco Egoavil Jump, presidente de jurado de tesis.



Figura 26. Medición de longitud de raíz de la planta.



Figura 27. Medición de altura de planta.



Figura 28. Medición de diámetro de tallo y volumen de raíz de las plantas.



Árbol 1 : 18 L // 388062.00 m E // 8990922.00 m S

Árbol 2 : 18 L // 388076.00 m E // 8990899.00 m S

Árbol 3 : 18 L // 388010.00 m E // 8990886.00 m S

Árbol 4 : 18 L // 388020.00 m E // 8990873.00 m S

Figura 29. Georreferenciación de plantas de pan de árbol seleccionadas.

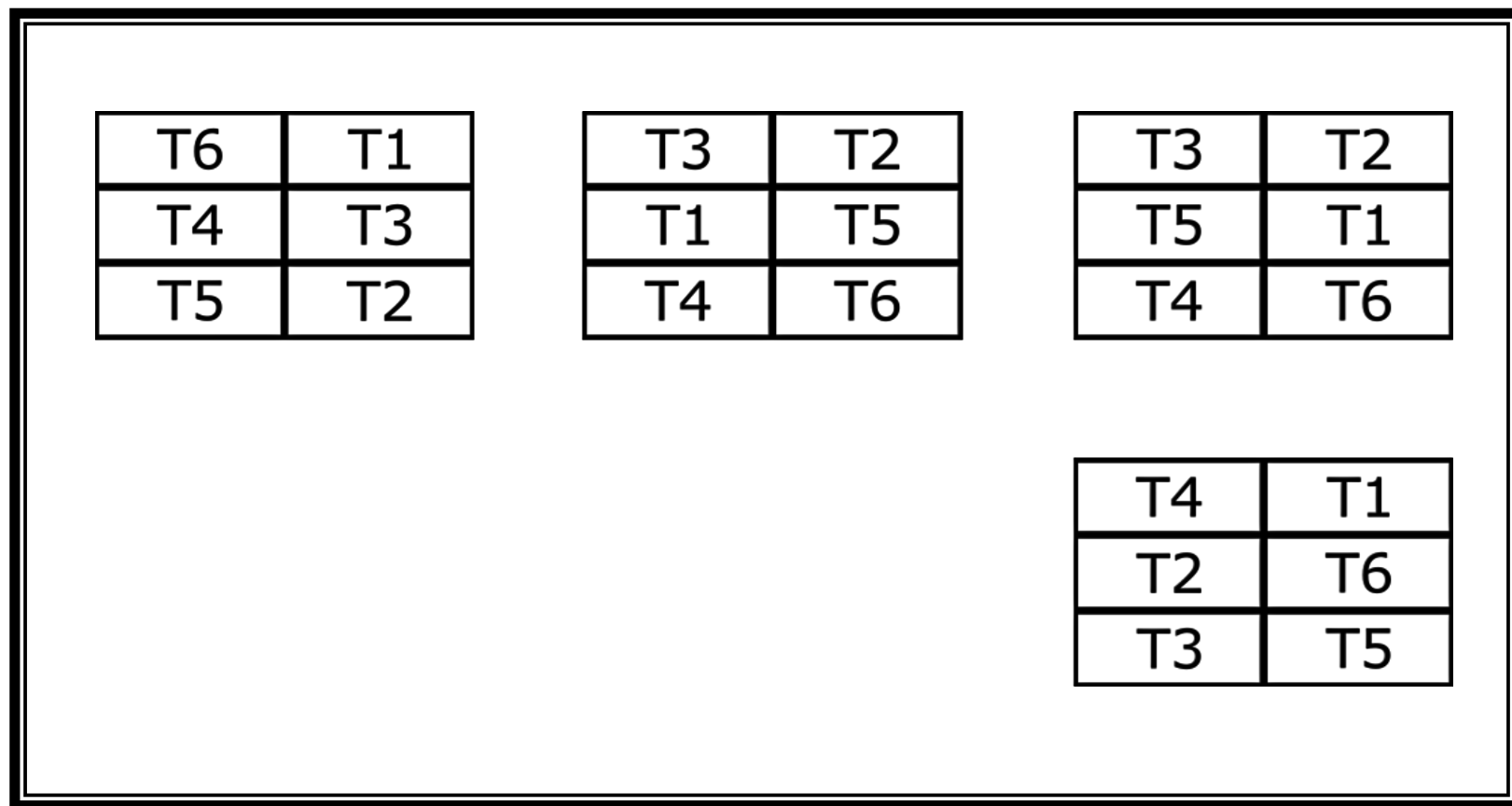


Figura 30. Distribución de los tratamientos en el vivero.

Cuadro 28. Evaluación de viabilidad de semillas durante cinco semanas.

Tratamientos		Semanas				
Clave	Repetición	1	2	3	4	5
T ₁	R ₁	8	8	7	4	4
	R ₂	9	10	8	3	1
	R ₃	7	8	6	3	2
	R ₄	6	7	5	4	2
T ₂	R ₁	8	10	7	2	5
	R ₂	8	10	6	7	8
	R ₃	9	9	7	8	1
	R ₄	10	10	5	8	8
T ₃	R ₁	10	8	9	5	0
	R ₂	9	8	9	7	3
	R ₃	10	9	10	6	1
	R ₄	10	10	7	5	0
T ₄	R ₁	9	8	8	2	2
	R ₂	8	8	8	1	1
	R ₃	10	9	7	0	0
	R ₄	9	9	9	1	0
T ₅	R ₁	10	9	8	5	2
	R ₂	10	9	6	4	0
	R ₃	10	8	10	8	1
	R ₄	10	10	9	7	0
T ₆	R ₁	9	10	6	8	1
	R ₂	9	8	7	6	0
	R ₃	10	9	6	4	1
	R ₄	9	9	8	6	0

T₁ = Sin disminución de la humedad a 20 °C
T₃ = Disminución del 10 % de humedad a 20 °C
T₅ = Disminución del 20 % de humedad a 20 °C

T₂ = Sin disminución de la humedad a ± 25 °C
T₄ = Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C
T₆ = Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C

Cuadro 29. Porcentaje de viabilidad de semillas de pan de árbol después de cinco semanas de almacenamiento.

Tratamientos		Viabilidad de las semillas (%)
Clave	Repetición	
T ₁	R ₁	40
	R ₂	10
	R ₃	20
	R ₄	20
T ₂	R ₁	50
	R ₂	80
	R ₃	10
	R ₄	80
T ₃	R ₁	0
	R ₂	30
	R ₃	10
	R ₄	0
T ₄	R ₁	20
	R ₂	10
	R ₃	0
	R ₄	0
T ₅	R ₁	20
	R ₂	0
	R ₃	10
	R ₄	0
T ₆	R ₁	10
	R ₂	0
	R ₃	10
	R ₄	0

T₁ = Sin disminución de la humedad a 20 °C
T₃ = Disminución del 10 % de humedad a 20 °C
T₅ = Disminución del 20 % de humedad a 20 °C

T₂ = Sin disminución de la humedad a ± 25 °C
T₄ = Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C
T₆ = Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C

Cuadro 30. Poder germinativo de semillas de pan de árbol después de cinco semanas de almacenamiento.

Tratamientos		Poder germinativo de las semillas (%)
Clave	Repetición	
T ₁	R ₁	40
	R ₂	10
	R ₃	20
	R ₄	20
T ₂	R ₁	50
	R ₂	80
	R ₃	10
	R ₄	80
T ₃	R ₁	0
	R ₂	30
	R ₃	10
	R ₄	0
T ₄	R ₁	20
	R ₂	10
	R ₃	0
	R ₄	0
T ₅	R ₁	20
	R ₂	0
	R ₃	10
	R ₄	0
T ₆	R ₁	10
	R ₂	0
	R ₃	10
	R ₄	0

T₁ = Sin disminución de la humedad a 20 °C
T₃ = Disminución del 10 % de humedad a 20 °C
T₅ = Disminución del 20 % de humedad a 20 °C

T₂ = Sin disminución de la humedad a ± 25 °C
T₄ = Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C
T₆ = Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C

Cuadro 31. Altura de planta de pan de árbol después de cinco semanas de almacenamiento.

Tratamientos		Altura de planta (cm)
Clave	Repetición	
T ₁	R ₁	25.29
	R ₂	21.07
	R ₃	22.48
	R ₄	22.69
T ₂	R ₁	32.70
	R ₂	32.17
	R ₃	29.97
	R ₄	34.20
T ₃	R ₁	26.29
	R ₂	25.36
	R ₃	31.79
	R ₄	31.10
T ₄	R ₁	25.54
	R ₂	21.62
	R ₃	27.45
	R ₄	30.41
T ₅	R ₁	21.75
	R ₂	28.12
	R ₃	16.31
	R ₄	24.51
T ₆	R ₁	22.75
	R ₂	14.00
	R ₃	14.85
	R ₄	

T₁ = Sin disminución de la humedad a 20 °C
T₃ = Disminución del 10 % de humedad a 20 °C
T₅ = Disminución del 20 % de humedad a 20 °C

T₂ = Sin disminución de la humedad a ± 25 °C
T₄ = Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C
T₆ = Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C

Cuadro 32. Diámetro de tallo de plantas de pan de árbol después de cinco semanas de almacenamiento.

Tratamientos		Diámetro de tallo (mm)
Clave	Repetición	
T ₁	R ₁	4.86
	R ₂	4.36
	R ₃	3.86
	R ₄	4.08
T ₂	R ₁	4.84
	R ₂	4.75
	R ₃	4.75
	R ₄	4.89
T ₃	R ₁	5.31
	R ₂	4.69
	R ₃	4.87
	R ₄	4.80
T ₄	R ₁	4.77
	R ₂	4.78
	R ₃	4.84
	R ₄	4.77
T ₅	R ₁	4.66
	R ₂	4.72
	R ₃	4.35
	R ₄	4.51
T ₆	R ₁	4.57
	R ₂	4.30
	R ₃	4.35
	R ₄	

T₁ = Sin disminución de la humedad a 20 °C
T₃ = Disminución del 10 % de humedad a 20 °C
T₅ = Disminución del 20 % de humedad a 20 °C

T₂ = Sin disminución de la humedad a ± 25 °C
T₄ = Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C
T₆ = Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C

Cuadro 33. Longitud de raíz de plantas de pan de árbol después de cinco semanas de almacenamiento.

Tratamientos		Longitud de la raíz (cm)
Clave	Repetición	
T ₁	R ₁	13.09
	R ₂	11.36
	R ₃	11.00
	R ₄	16.28
T ₂	R ₁	22.26
	R ₂	20.70
	R ₃	22.05
	R ₄	25.19
T ₃	R ₁	22.50
	R ₂	18.80
	R ₃	24.29
	R ₄	23.08
T ₄	R ₁	18.41
	R ₂	18.46
	R ₃	19.56
	R ₄	23.59
T ₅	R ₁	8.28
	R ₂	12.92
	R ₃	10.41
	R ₄	9.38
T ₆	R ₁	22.85
	R ₂	6.50
	R ₃	5.05
	R ₄	

T₁ = Sin disminución de la humedad a 20 °C
T₃ = Disminución del 10 % de humedad a 20 °C
T₅ = Disminución del 20 % de humedad a 20 °C

T₂ = Sin disminución de la humedad a ± 25 °C
T₄ = Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C
T₆ = Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C

Cuadro 34. Volumen de raíz de plantas de pan de árbol después de cinco semanas de almacenamiento.

Tratamientos		Volumen de la raíz (ml)
Clave	Repetición	
T ₁	R ₁	2.30
	R ₂	1.65
	R ₃	1.20
	R ₄	1.65
T ₂	R ₁	3.75
	R ₂	2.70
	R ₃	3.20
	R ₄	4.70
T ₃	R ₁	2.80
	R ₂	2.65
	R ₃	4.20
	R ₄	3.35
T ₄	R ₁	2.24
	R ₂	1.55
	R ₃	2.40
	R ₄	2.90
T ₅	R ₁	1.25
	R ₂	2.50
	R ₃	1.56
	R ₄	1.38
T ₆	R ₁	2.00
	R ₂	1.00
	R ₃	1.00
	R ₄	

T₁ = Sin disminución de la humedad a 20 °C
T₃ = Disminución del 10 % de humedad a 20 °C
T₅ = Disminución del 20 % de humedad a 20 °C

T₂ = Sin disminución de la humedad a ± 25 °C
T₄ = Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C
T₆ = Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C

Cuadro 35. Número de hojas de plantas de pan de árbol después de cinco semanas de almacenamiento.

Tratamientos		Número de hojas por planta
Clave	Repetición	
T ₁	R ₁	0.70
	R ₂	0.50
	R ₃	0.40
	R ₄	0.90
T ₂	R ₁	1.50
	R ₂	1.80
	R ₃	1.40
	R ₄	1.40
T ₃	R ₁	0.90
	R ₂	1.00
	R ₃	1.10
	R ₄	1.00
T ₄	R ₁	0.70
	R ₂	0.20
	R ₃	1.20
	R ₄	0.80
T ₅	R ₁	0.70
	R ₂	1.40
	R ₃	0.25
	R ₄	0.38
T ₆	R ₁	1.33
	R ₂	
	R ₃	
	R ₄	

T₁ = Sin disminución de la humedad a 20 °C
T₃ = Disminución del 10 % de humedad a 20 °C
T₅ = Disminución del 20 % de humedad a 20 °C

T₂ = Sin disminución de la humedad a ± 25 °C
T₄ = Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C
T₆ = Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C

Cuadro 36. Cuadro descriptivo del número de hojas de plantas de pan de árbol.

Tratamiento	Hojas por planta	Número de plantas	(%)
T ₁	0	21	53
	1	13	33
	2	6	15
T ₂	0	4	10
	1	16	40
	2	15	38
	3	5	13
T ₃	0	14	35
	1	16	40
	2	6	15
	3	4	10
T ₄	0	19	48
	1	15	38
	2	4	10
	3	2	5
T ₅	0	17	55
	1	10	32
	2	3	10
	3	1	3
T ₆	0	4	44
	1	2	22
	2	3	33

T₁ = Sin disminución de la humedad a 20 °C
T₃ = Disminución del 10 % de humedad a 20 °C
T₅ = Disminución del 20 % de humedad a 20 °C

T₂ = Sin disminución de la humedad a ± 25 °C
T₄ = Disminución del 10 % de humedad a ± 25 °C
T₆ = Disminución del 20 % de humedad a ± 25 °C

Cuadro 37. Porcentaje de germinación de cada tratamiento, condicionado por temperatura y humedad

Cod	T°C	%H reducido	%Germin
T1	20	0	62
T1	20	0	42
T1	20	0	56
T1	20	0	66
T2	25	0	62
T2	25	0	80
T2	25	0	80
T2	25	0	78
T3	20	10	32
T3	20	10	36
T3	20	10	32
T3	20	10	28
T4	25	10	32
T4	25	10	20
T4	25	10	32
T4	25	10	28
T5	20	20	18
T5	20	20	10
T5	20	20	14
T5	20	20	10
T6	25	20	12
T6	25	20	0
T6	25	20	4
T6	25	20	2