

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1.- Antecedentes

La Chirimoya (*Annona cherimola*) es una planta originaria del Ecuador y Perú y pertenece a la familia de las Annonáceas. Actualmente su cultivo se ha extendido hacia América Central, Sur de México y parte de América del Sur, sin embargo, en el siglo XVIII llegaron semillas de chirimoya a Portugal y España causando que sean distribuidas en diferentes partes del mundo. La importancia de esta fruta radica en las cualidades organolépticas que tiene, como son la dulzura y su pulpa jugosa de color blanco cremoso con una textura parecida a la pera siendo un manjar apetecible, también presenta un alto contenido de vitaminas y minerales que se relacionan con múltiples actividades biológicas y metabólicas en las personas (Vaca, 2024).

La chirimoya se cultiva tradicionalmente en Bolivia en los departamentos de Santa Cruz, Sucre, La Paz, Cochabamba y Tarija, la producción de chirimoya a nivel nacional ha ido incrementando significativamente en superficie en los valles de Bolivia, ya que actualmente no llega a satisfacer la demanda de los mercados internos. Este frutal por la potencialidad actual y futura representa una fuente de ingreso por demás expectable respecto a los cultivos tradicionales (García, 2017).

La propagación de este frutal, es generalmente por semilla o injerto, sin embargo, se pueden presentar problemas durante la germinación y además que el crecimiento inicial de las plántulas es lento (Castillo et al 1997).

En cuanto a investigaciones anteriores, se debe mencionar que en el año 2023, Ana María Mamani, en una investigación realizada sobre el “Efecto de Métodos Pregerminativos y Sustratos para la Producción de Plantines de Chirmimoya” indica que el método de pregerminativos óptimo para el porcentaje de germinación de las semillas de chirimoya, fue el método mecánico (con lija) puesto que obtuvo los mejores resultados en 30 días con un 80% de germinación, seguida por el método físico y químico (agua hervida y ácido sulfúrico) con un 60% de germinación a los 30 días, el

testigo alcanzo un 50% de germinación. Asimismo, señala que existe diferencias en el porcentaje de emergencia de las semillas de chirimoya posterior a los 60 días después de la siembra, considerando los sustratos utilizados; fibra de coco, cascarilla de arroz, turba negra, compost y tierra negra se obtuvieron diferentes porcentajes de 76%, 71%, 66% y 61%.

Por otro lado, González, (2013), menciona que cuando se realiza la propagación de la chirimoya por semilla, muestra una germinación muy errática debido a la dormancia embrionaria, por lo que es necesario aplicar tratamientos con reguladores del crecimiento para acelerar y homogenizar considerablemente la germinación de semilla, otro tratamiento efectivo es de remojar en agua las semillas de chirimoya durante cierto periodo de tiempo.

Un aspecto importante que se debe considerar al realizar la propagación de la chirimoya a través de semillas, es que se debe evaluar la viabilidad de las semillas, donde se pudo detectar que en la investigación realizada por Lobo et al 2007, sobre “categorización de la germinación y la latencia en semillas de chirimoya (*Annona cherimola* L.)”, utilizando tetrazolio, se presentaron semillas no viables, con valores de alrededor del 20% de las semillas, aparentemente normales.

1.2.- Descripción y planteamiento del problema

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es un frutal subtropical apreciado por su fruto dulce y por su gran valor nutricional. En la producción de este cultivo, se presentan distintos problemas, siendo uno de los principales la obtención de plántulas, debido a que la propagación por semilla a menudo presenta bajos porcentajes de germinación, lo que provoca una escasa viabilidad y producción de plántulas para poder ofertar a los agricultores y productores, que requieran y se dediquen a producción de este frutal.

1.3.- Justificación

La baja germinación de las semillas de chirimoya representa un obstáculo para la producción eficiente de plántulas y el desarrollo de la industria de este cultivo. La investigación sobre métodos pregerminativos y sustratos adecuados es crucial para

superar estas limitaciones y mejorar la propagación por semilla, ofreciendo una alternativa viable al injerto. Los resultados de este estudio podrían tener un impacto significativo en viveristas y productores de chirimoya en el departamento de Tarija.

1.4.- Objetivos

1.4.1.- Objetivo General

Evaluar el efecto de tres métodos pregerminativos y dos tipos de sustrato en la germinación de semillas y en el desarrollo de plántulas de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.).

1.4.2.- Objetivos Específicos

- Comparar la influencia de diferentes métodos pregerminativos, en el porcentaje de germinación, en la altura de planta, número de hojas y el diámetro del tallo de plántulas de chirimoya.
- Comparar el efecto de dos tipos de sustrato en la emergencia y desarrollo inicial de plántulas de chirimoya.
- Evaluar la interacción entre los métodos pregerminativos y los sustratos en la germinación de las semillas de chirimoya.

1.5.- Hipótesis

La aplicación de métodos pregerminativos, y el uso de sustratos muestra diferencias significativas en el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas de chirimoya.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1.- El cultivo de la Chirimoya

La chirimoya es un importante cultivo en Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, países en los que se encuentran huertos pequeños o pocas plantas para su aprovechamiento doméstico. Fuera de estas zonas geográficas, únicamente en Chile, España y Estados Unidos hay plantaciones de chirimoyas comerciales. Aunque este cultivo ha sido considerado por muchos autores como una fruta con gran futuro para la comercialización, debido a sus cualidades organolépticas, nutricionales, farmacéuticas y alto potencial económico (Vásquez, et al., 2024).

El área total sembrada del cultivo de chirimoya es de 13.500 ha en todo el mundo, con una producción estimada de 81.000 toneladas anuales. España es el mayor productor de chirimoya a nivel mundial, con una producción de 30.000 toneladas en una superficie de 2.700 ha., lo que equivaldría a un rendimiento de 11,10 t/ha; mientras que Bolivia tiene una superficie aproximada de 1.000 hectáreas, con una producción de 7.000 toneladas, equivalente a un rendimiento de 7 t/ha (Labanda, 2019).

En el caso de Tarija, según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2024), la superficie cultivada para la producción de chirimoya alcanza las 5 hectáreas con un rendimiento promedio de 4.454 kg para el periodo 2018 – 2023.

En cuanto a su valor nutricional el fruto de la chirimoya es rico en grasas, proteínas, sales minerales y vitaminas, con un importante contenido calórico, los datos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Valor nutricional de la chirimoya

100 gramos de pulpa			
Calorías	81 kcal	Agua	75,5 ml
Proteínas	1 g	Grasas	0,2 g
Carbohidratos	22 g	Fibras	1,9 g
Ceniza	1 mg	Calcio	30 mg
Fósforo	47 mg	Niacina	0,75 mg
Hierro	0,4 mg	Vitamina A	0,01 mg
Vitamina B1	0,08 mg	Vitamina B2	0,09 µg
Vitamina C	0,5 mg	Tiamina	0,06 µg
Riboflavina	0,14 mg	Niacina	0,75 mg
Ácido ascórbico	4,3 mg	Fósforo	47,1 mg

Fuente. Hernández, 2022

2.1.- Características de la Chirimoya

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es una especie subtropical que pertenece a la familia de las Anonáceas, nativa de la región andina; sur de Perú y norte de Ecuador; por sus excelentes características organolépticas se considera la mejor fruta dentro de las anonáceas. Siendo considerada una de las frutas más ricas del mundo por su sabor dulce, pulpa cremosa y aroma; además, por el aporte de nutrientes: carbohidratos, minerales como fósforo y potasio, vitaminas A, C. (Auria, 2024).

En cuanto a las variedades de especies, varios autores afirman que existe una gran variedad de especies pertenecientes a la familia Annonaceae entre 120 a 130 géneros y de 2000 a 2500 especies de las cuales solamente se cultivan tres géneros debido a la importancia de sus frutos, *Annona*, *Asimina* y *Rollinia*; siendo el género más sobresaliente y de mayor importancia *Annona*; de las cuales las especies más cultivadas son *Annona cherimola*, *Annona muricata* y *Annona squamosa*, entre otras especies mejoradas pertenecientes a este género (Andino, 2014).

En cuanto a la clasificación taxonómica de la chirimoya se tiene:

Reino:	Vegetal
Subreino:	Embriophyta
División:	Spermatophyta
Clase:	Dicotyledoneae
Orden:	Ranales
Suborden:	Magnoliales
Familia:	Annonaceae
Género:	Annona
Especie:	Annona cherimola Mill (Andino, 2014)

2.1.1.- Árbol

La chirimoya es una planta que puede alcanzar una altura promedio entre los 4 y 9 m de altura. Presenta un tronco cilíndrico de corteza gruesa y lisa, con ramas que sobresalen irregularmente, copa abierta y extendida con follaje exuberante. Posee un sistema radicular pivotante, lo cual proporciona un mayor anclaje al suelo. (Mamani, 2023).

2.1.2.- Hojas

El tallo es de color verde grisáceo, tiene forma cilíndrica y su corteza es gruesa y lisa. En árboles jóvenes los entrenudos son largos llegando hasta 20 cm, sus ramas tienden a inclinarse debido a que son muy densas (Mamani, 2023). Las hojas presentan longitudes que van de 12 a 18 centímetros, ancho de 5 a 12 centímetros y una longitud del pecíolo entre 1.5 y 2.0 centímetros. A terciopeladas, tomentosas por el envés y glabras por el haz. La forma de la hoja varía entre aovadas, oblongas, se distribuyen de manera alterna, en tallos y ramas. El pecíolo es hueco en su parte de inserción y protege a la yema latente, que no brota hasta que la hoja haya caído (Delgado, 2005).

2.1.3.- Flor

Las flores son blancas, cremas o amarillo verdosas, muy aromáticas conformadas por 3 pétalos externos de 1 a 3 cm de largo que alojan en su interior pétalos rudimentarios. Las flores llegan a aparecer entre los 3 años de la siembra dependiendo de las condiciones de las siembras y de la región, floreciendo más intensamente en una determinada época del año, pero con floración escalonada de acuerdo a la aparición de nuevas ramas. Pueden presentarse solitarias o en grupos de 2 a 3; el número de carpelos fecundados en una flor va a determinar el tamaño y forma del fruto (Mamani, 2023).

La flor de la chirimoya es hermafrodita. La parte masculina de la flor consta de numerosos estambres (150-200), dispuestos helicoidalmente muy juntos sobre un receptáculo, formando una masa compacta y blanca oprimida por los pétalos. La parte femenina posee también elevado número de carpelos (100 a 200), con un solo óvulo, dispuesto en espiral, formando un cono compacto en cuyos extremos se encuentran los estilos y estigmas. Al fecundarse los óvulos se desarrolla un fruto compuesto (sincarpo), como consecuencia de la fusión de los carpelos, alrededor de un receptáculo carnoso de forma alargada y cónica. Cuando la polinización es inadecuada y solo se fecundan algunos óvulos de manera irregular, los frutos que se forman son asimétricos y deformes (Yanagua , 2018).

2.1.4.- Fruto

La chirimoya es un fruto compuesto, denominado botánicamente sin Carpio, formado a través de la fusión y posterior desarrollo de numerosos pistilos -entre 70 y 100- que posee la flor, el fruto cuyo peso oscila entre 150 -2000 g, tiene una corteza variable según la variedad, el color también oscila desde el verde oscuro, amarillo, verde claro o negruzco (dependiendo de la variedad). La superficie es reticulada, indicando las líneas del retículo el lugar de unión de los carpelos, la pulpa de color blanco muy aromático, sabor agradable, ligeramente ácido cremoso, azucarada muy digestiva y altamente nutritiva (García, 2017).

Los frutos de la chirimoya son de formas acorazonada, cónica, oval o en muchas ocasiones, de formas irregulares, debido a la polinización irregular del ovario. Los frutos miden desde 7.5 hasta 12.5 cm de longitud y pesan desde 200 hasta 1500 g. La superficie de la cáscara del fruto varía de acuerdo a la especie, en algunas ocasiones son lisos otras son de manera impresas con protuberancias carpelares; la cáscara de la fruta es delgada y delicada, cuando el fruto ha madurado se torna de un verde oscuro a verde-amarillento (Morales, 2015).

2.1.5.- Semilla

Las semillas de chirimoya son de forma aplanada, elípticas vistas de frente, de 1,5 a 2 cm de largo y 1 cm de ancho. Asimismo, las semillas influyen en la forma y el tamaño de fruto, en un inicio presentan un color blanco amarillento conforme van avanzando se tornan marrón y finalmente cuando llegan a su madurez tienen un color negro (Vaca, 2024).

Las semillas de la chirimoya son de forma alargada y aplastada, en número variable, en la proporción de 1 por cada 10 carpelos en las variedades de buena calidad y de 1 por cada 6 carpelos en las de inferior calidad, hay también semillas de forma cilíndrica alargada, con una longitud aproximada, oscila de 1,5 a 2,5 cm, el grosor es de aproximadamente 1 cm. La semilla, posee un período largo de dormancia, difícil de interrumpir, para romper la dormancia, la semilla se debe almacenar de 6 a 8 meses

previo a la siembra, el almacenamiento junto con la escarificación, permite alcanzar porcentajes de germinación del 80 al 90%, entre los 20 a 30 días después de sembrarlas (Bautista, 2014).

2.2.- Condiciones edafoclimáticas

La chirimoya es una planta perenne, tiene un ciclo de desarrollo fisiológico caracterizado por etapas continuas de: crecimiento – madurez – reposo – crecimiento, similar a los árboles de hoja caduca. Además, tiene dos periodos: vegetativo y reproductivo; además del de reposo invernal. Las etapas fenológicas son influenciadas por la variedad plantada, condiciones ambientales y el manejo del cultivo (Vásquez, et al, 2024).

2.2.1.- Tipo de suelos

La chirimoya se adapta a diferentes suelos, mismos que deben tener un buen drenaje para evitar los encharcamientos y el pH más adecuado está comprendido entre un 6 y 7,5. Pueden ser suelos arenosos, limo-arenosos, arcillosos e incluso pedregosos (Vaca, 2024). La chirimoya se logra adaptar a una amplia gama de suelos. Los mejores son los arcillo-arenosos o franco-arenosos, con buen drenaje, aireados, con una cantidad entre 1.7 a 2.7 % de materia orgánica y buenos niveles de nitrógeno y potasio. El sistema radicular de la chirimoya es superficial y muy ramificado; se pueden presentar entre 2 y 3 pisos de raíces en niveles, llegando a ser poco profundas. Además, tiene entre 3 y 6 raíces pivotantes, en suelos favorables pueden profundizar mucho más (Vásquez, et al, 2024).

2.2.2.- Temperatura

El cultivo de la chirimoya requiere de climas donde la temperatura oscile entre los 14 a 28 °C, no tolera heladas ni zonas con grandes fluctuaciones de temperatura. Las condiciones ideales para obtener un buen cuajado de frutos son temperaturas entre 25 y 28 °C durante la época de floración con temperaturas mayores a 30 °C junto con baja humedad relativa afecta a la fecundación al provocar pérdida de receptividad estigmática (Yaguana, 2018).

2.2.3.- Precipitación

Para el correcto crecimiento y desarrollo del cultivo de la chirimoya es necesario un óptimo nivel de lluvia que fluctúe entre 675 y 1.000 mm anuales. El registro de precipitación en los valles interandinos fluctúa entre 400 y 1.000 mm, entre los meses de octubre a mayo. De igual manera, se puede utilizar agua de riego con el fin de completar las necesidades hídricas de las plantas. En algunos países, la chirimoya se cultiva en zonas subtropicales con precipitaciones cercanas a los 1.700 mm, lo cual puede afectar el cuajado de frutos cuando se presentan en plena floración, e incrementar la presencia de enfermedades. La manipulación de las plantas para reducir la dormancia o reposo de las yemas y obtener cosechas en diferentes épocas se facilita en áreas de bajas precipitaciones (Vásquez, et al, 2024).

2.2.4.- Altitud

Las plantas de chirimoya, crecen y se adaptan en altitudes superiores a los 700 msnm, Desarrollándose mejor entre 1200 y 1800 msnm, soportando hasta 2400 msnm (Yaguana, 2018).

2.3.- Métodos de propagación

Para la producción de plantas de chirimoya se utilizan los siguientes métodos de propagación:

2.3.1.- Por semilla

Es el método más utilizado por los agricultores, tiene un largo periodo de dormancia que es difícil de interrumpir, razón por la cual las semillas no deberían ser sembradas directamente sin ser tratadas con anterioridad. Para eliminar esta dormancia se pueden utilizar diferentes métodos como: baño de inmersión en una solución de ácido giberélico, exponiéndola al sol, sumergiéndola en agua caliente, almacenándola por un periodo de 2 a 6 meses (Labanda, 2019).

2.3.2.- Por esquejes

La propagación asexual consiste en la reproducción de individuos a partir de porciones vegetativas de las plantas (esquejes). En consecuencia las plántulas propagadas vegetativamente reproducen toda la información de la planta progenitora y por esto las características específicas de una planta dada son perpetuadas, estableciéndose un clon (Labanda, 2019).

2.3.3.- Por injerto

Este método consiste en unir a una planta una porción viva separada de otra planta afin de diferente genotipo y lograr la soldadura y su desarrollo posterior como un solo individuo. Presenta diferentes métodos según las características de los materiales vegetales empleados. Esta técnica se utiliza, principalmente, para la producción de plantones, que son plantas de una variedad, injertada sobre un determinado patrón, destinadas al establecimiento de nuevas plantaciones frutales (Labanda, 2019). El tipo de injerto de mayor utilización es el de cuña, teniendo en cuenta que el diámetro del patrón y la estaca coincidan (Delgado, 2005).

2.4.- Factores que afectan el proceso germinativo de las semillas

Existen tres fases fundamentales en el proceso de germinación de las semillas: fase hidratación o imbibición, la cual consiste en la absorción de agua por los tejidos de la semilla y un aumento considerable en la tasa de respiración de la misma. En la fase de germinación suceden profundos cambios metabólicos, se reduce considerablemente la absorción de agua y por último la fase de crecimiento, en la que suceden cambios morfológicos evidentes como la elongación de la radícula y se caracteriza por el constante aumento en la absorción de agua y de la respiración. La semilla madura se encuentra en estado de vida latente, su metabolismo está muy reducido, no mostrando signos externos de actividad en ella. En este estado no hay división celular, sólo hay respiración y nutrición. La reanudación del crecimiento activo del embrión que lleva a la ruptura de las cubiertas seminales y a la emergencia de la nueva plántula capaz de desenvolverse autotróficamente y existe independiente. Esta actividad va depender de un conjunto de factores de la misma como son la viabilidad o capacidad de germinar y haber desaparecido o superado cualquier

barrera física, química o fisiológica que la impidan, por ejemplo: cubiertas duras e impermeables, presencia de inhibidores, embriones inmaduros. Otros factores se refieren al ambiente externo que incluyen la adecuada suplencia de agua, temperatura, oxígeno y en algunos casos la luz (Bautista, 2014).

Desde el punto de vista fisiológico, la germinación se define como la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla. Es decir, que se refiere al desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

La germinación de las semillas comprende tres etapas sucesivas que se superponen parcialmente:

- La absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa
- El inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión.
- El crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula. En la mayoría de las semillas el agua penetra inicialmente por el micrópilo y la primera manifestación de la germinación exitosa es la emergencia de la radícula (Achupallas, 2019).

2.4.1.- El uso de tratamientos pregerminativos

Los tratamientos pregerminativos tienen por finalidad acelerar y aumentar la germinación de las semillas, al romper la latencia inducida por la testa al ablandar, perforar, rasgar o abrirla para hacerla permeable sin dañar el endospermo y el embrión de la semilla. Los tratamientos pueden consistir en la escarificación manual de la semilla, la inmersión en agua caliente o fría, o el uso de productos químicos específicos (Viveros, 2015).

2.4.1.1.- La escarificación mecánica

Consiste en la alteración o adelgazamiento de la cubierta de las semillas, mediante frotación en superficies abrasivas, calentamiento, exposición a cambios de temperatura, perforación de la cubierta entre otros, para permitir la entrada del agua, el intercambio de gases y facilitar la protrusión de la radícula (Jaimes, 2009).

2.4.1.2.- La escarificación química

Tiene por objeto modificar los tegumentos duros e impermeables de las semillas. Se puede hacer con un ácido o con una base fuerte. El ácido sulfúrico concentrado es uno de los más usados y efectivo para lograr este propósito. Otro de los ácidos utilizados para escarificar semillas es el ácido clorhídrico. Entre las bases más fuertes y usadas están el hidróxido de calcio y el hidróxido de potasio. El nitrato de potasio también se puede utilizar en las pruebas de germinación a razón de una solución al 0,1 y 1%. El remojo en agua es otro método (Achupallas, 2019). Otro producto que se usa frecuentemente, es el ácido giberélico, cuando la latencia es débil se sugiere humedecer el sustrato con una solución de 200 ppm, pero cuando es profunda, es conveniente usar soluciones de 1000 ppm o más dependiendo los requerimientos de cada especie (Jaimes, 2009).

2.5.1.- El uso de sustratos

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta (Aguirre, 2013).

El sustrato como suelo mejorado, permite un buen prendimiento de la especie en terreno definitivo y en particular un desarrollo normal de las plantas pequeñas, debiendo presentar las siguientes características edáficas:

- buena estructura.
- pH moderado.
- buena capacidad de infiltración y retención de humedad.
- libre de agentes patógenos (Castillo, 2021).

2.5.1.1.- Descripción de los insumos que conformar los sustratos

Los insumos que más se utilizan para la preparación de sustratos, mencionados por Mamani, (2024), se clasifican por sus diferentes características, propiedades y funciones, siendo los siguientes:

a) Tierra del lugar

La función de la tierra del lugar es de substituir, en forma barata, sencilla, a materiales del sustrato que son difíciles de encontrar. Además, le da a la planta un medio parecido al que tendrá en su sitio de plantación.

b) Turba

El término turba (Peat) se refiere a varios materiales que son similares en origen, pero muy distintos en su composición botánica y en sus propiedades físicas y químicas. La turba se forma por la acumulación de materiales específicos de plantas en lugares mal drenados. La turba consiste en vegetación acuática, pantanosa o de ciénaga parcialmente descompuesta. La composición de los diferentes depósitos de turba varía mucho, dependiendo de la vegetación original, estado de descomposición, contenido mineral y grado de acidificación.

c) Compost

No se refiere a un material específico sino a un proceso, que bien conducida mejora las propiedades físicas y da un balance a la relación carbono - nitrógeno en el material orgánico utilizado para la producción de sustratos. Un buen compostado puede producir un material con casi todas las propiedades de un buen sustrato, peso ligero, buena capacidad de retención de humedad, sin ser demasiado caro. El compost es muy útil cuando es mezclado con ingredientes menos absorbentes en medios utilizados para enraizamiento de esquejes, o para el trasplante de plantas bien establecidas.

d) Cascarilla de arroz

La cascarilla es incorporada con facilidad en un medio para mejorar el drenaje. Está disponible a un costo bajo en ciertas áreas y puede ser utilizado en sustitución o junto con turba. La cascarilla de arroz es de peso ligero, uniforme en grado y calidad, más resistente a la descomposición y posee menor efecto en la reducción del nitrógeno por los microbios del suelo. No introduce plagas, pero es recomendada la pasteurización del sustrato, porque contiene muchas semillas de malezas. Se utiliza, sin compostar, como un sustituto de la vermiculita por su peso ligero, volumen y resistencia a la descomposición. Sus características se pueden mejorar mediante molienda.

e) Arena

Este es uno de los sustratos que se utiliza mayormente por su fácil manera de uso, granulometría y porque presta un buen drenaje general al homogeneizarse bien con el resto de componentes del sustrato. Mediante pruebas realizadas se ha detectado que las mejores arenas para este fin, son las provenientes de río. Poseen una capacidad de retención de agua media. El único problema que se puede presentar es que con el tiempo se pierde un poco de la fase aérea debido a la compactación por lo tanto la capacidad de aireación disminuirá levemente.

2.5.1.2.- Desinfección de sustratos

La desinfección de suelos y sustratos puede lograrse mediante la aplicación de diferentes técnicas debiendo realizar la elección de los métodos de desinfección de acuerdo con las condiciones de cada sistema de cultivo. En función a su actividad, los diferentes tratamientos desinfectantes pueden tener una acción biocida total o resultar biostáticos y tener poca actividad biocida (Aguirre, 2013). Asimismo, entre los principales métodos mencionados por Aguirre (2013), que se utiliza para la desinfección de sustratos se tiene:

Desinfección química: que además de por su sencillez de aplicación, la desinfección química de los suelos se caracteriza por su elevada eficacia insecticida, nematicida, fungicida y herbicida. La toxicidad de los productos para tratamientos de suelos es un factor que aconseja limitar su utilización.

Desinfección mediante solarización: el método se basa en la colocación de un plástico fino transparente sobre el suelo removido y desnudo que se desea desinfectar, por un espacio de tiempo de 4 y 10 semanas, manteniendo la humedad del suelo en niveles razonables. El plástico transparente no almacena el calor como lo hace el plástico negro, sino que transmite el calor al suelo y lo eleva en unos cuantos grados de su temperatura habitual. Entre las ventajas de método se puede mencionar; el control de importantes microorganismos patógenos como nematodos, hongos y malezas, no produce residuos tóxicos en el terreno y en las plantas, se provee condiciones óptimas para el incremento de los organismos benéficos del suelo, mejora las condiciones físicas y de fertilidad, así como el movimiento del aire y agua dentro del suelo

3.1.1.- Descripción de la zona de estudio

La ciudad de Tarija presenta una temperatura media anual de 17,9 °C con máximas medias anuales de 26,2°C y 9,5°C de mínima media anual. La temperatura máxima extrema fue de 39,3 °C, en tanto que la temperatura mínima extrema de 9,5°C.

En lo referido a las precipitaciones, Tarija presenta una marcada estacionalidad, puesto que el 94% de las lluvias se presentan entre octubre y marzo con mucha variabilidad espacial. La precipitación anual alcanza los 596,8 mm.

La provincia Cercado presenta características geomórficas complejas como resultado de los movimientos tectónicos y procesos morfológicos a los que estuvo sometida en épocas pasadas, los mismos que son responsables del desarrollo y evolución del paisaje actual, diferenciando las dos provincias fisiográficas: la Cordillera Oriental y la Faja Subandina. Las unidades de paisaje más abundantes en el municipio de Tarija son las serranías, seguidas de las montañas y los piedemontes (Álvarez, et al. 2021)

3.3.- Materiales

Los materiales que se utilizaran en la investigación se describen a continuación:

3.3.1.- Materiales de campo

- baldes plásticos
- bolsas plásticas de polietileno

3.3.2.- Material biológico

- Semillas de chirimoya

3.3.3.- Material de laboratorio

- Pinzas
- Vasos precipitados

- Guantes quirúrgicos
- Matraz de lavado
- Papel toalla
- Cajas petri
- Algodón
- Pisseta
- Agua destilada

3.3.4.- Material de gabinete

- Planillas de campo.
- Material de escritorio.
- Computadora

3.4.- Metodología

La metodología en esta investigación, consistirá en lo siguiente:

3.4.1.- Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación, se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial (4x2), con dos factores de estudio: cuatro tratamientos pregerminativos y dos tipos de sustratos con tres repeticiones haciendo un total de 24 unidades experimentales.

3.4.2.- Factores en estudio

Material vegetal: Se utilizaron semillas de chirimoya provenientes de frutos maduros y sanos de la variedad *Annona cherimola* Mill.

Factor A: Métodos pregerminativos

Se aplicarán diferentes tratamientos pregerminativos a las semillas:

- A1. Escarificación mecánica (lijar suavemente la testa de la semilla).

- A2. Remojo en agua
- A3. Remojo en solución de ácido sulfúrico
- A4. Testigo (sin tratamiento).

Factor B: Sustratos

Se utilizaron los siguientes sustratos:

- Tierra vegetal mezclada con limo
- Limo mezclado con arena

3.4.3.- Tratamientos

A continuación, se describen los tratamientos de esta investigación:

Factor A: Métodos pregerminativos

- A1. Escarificación mecánica (lijar suavemente la testa de la semilla).
- A2. Remojo en agua
- A3. Remojo en solución de ácido sulfúrico
- A4. Testigo (sin tratamiento).

Factor B: Sustratos

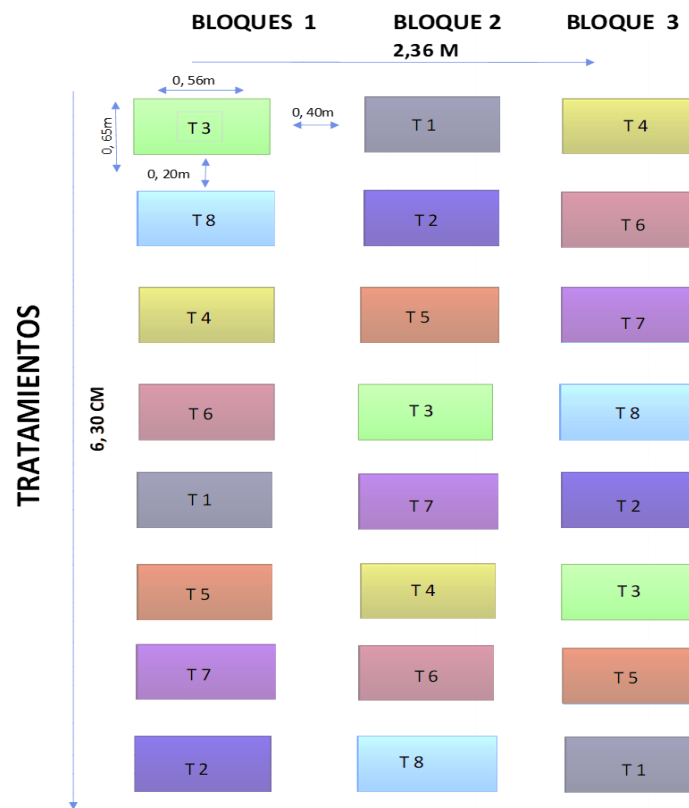
- Tierra vegetal mezclada con limo
- Limo mezclado con arena

Tabla 2. Descripción e interacción de los tratamientos y sustratos

Factor A	Factor B	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Trat.
A1. Escarificación mecánica	B1. Tierra vegetal + limo	A1B1	A1B1	A1B1	T1
	B2. Limo + arena	A1B2	A1B2	A1B2	T2
A2. Remojo en agua caliente	B1. Tierra vegetal + limo	A2B1	A2B1	A2B1	T3
	B2. Limo + arena	A2B2	A2B2	A2B2	T4
A3. Remojo ácido sulfúrico	B1. Tierra vegetal + limo	A3B1	A3B1	A3B1	T5
	B2. Limo + arena	A3B2	A3B2	A3B2	T6
A4. Testigo	B1. Tierra vegetal + limo	A4B1	A4B1	A4B1	T7
	B2. Limo + arena	A4B2	A4B2	A4B2	T8

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.- Diseño de campo



3.4.6.- Unidad Experimental

De acuerdo a los factores en estudios son cuatro tratamientos pregerminativos y dos tipos de sustrato, se tuvo un total de 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental estará constituida por 16 bolsas plásticas de polietileno (subunidades), siendo sembrada una semilla en cada bolsa. Haciendo un total de 384 bolsas plásticas de los tratamientos y considerando tres repeticiones por cada tratamiento.

3.5.- Procedimientos experimentales

Los procedimientos que se aplicaron en esta investigación, se describen a continuación:

3.5.1.- Selección y desinfección de las semillas de chirimoya

Con la selección previa de semillas de chirimoya, se eliminó aquellas de menor tamaño, posteriormente se procedió a la desinfección por sumersión en una solución de hipoclorito de sodio al 1%, por un tiempo de 10 minutos, inmediatamente fueron lavadas con agua destilada y secadas con papel toalla para posteriormente ser sometidas a los tratamientos pregerminativos.

3.5.2.- Aplicación de tratamientos pregerminativos

Una vez que se seleccionaron y desinfectaron las semillas de chirimoya, se procedió a la aplicación de los siguientes tratamientos pregerminativos:

Escarificación mecánica: Se realizó un raspaje en la parte media de las semillas con una lija en un tiempo aproximado de 50 segundos sin llegar a lastimar la parte interna de la semilla.

Escarificación física (remojo en agua): Se procedió con el remojo de semillas en agua caliente (100°C) en un balde por un lapso de 5 minutos seguidamente se las dejó a temperatura ambiente.

Escarificación química (remojo en ácido sulfúrico): En un recipiente (vaso precipitado) se sumergió las semillas en una solución de ácido sulfúrico de concentración de 200 ppm por un tiempo de 1 horas

3.5.3.- Manejo y preparación de sustratos

El proceso consistió en mezclar y desinfectar mediante solarización y acondicionar los sustratos, para luego utilizarlos en la siembra y evaluación de la germinación de semillas y el desarrollo de plántulas de chirimoya, asegurando un ambiente libre de patógenos y con propiedades físicas adecuadas para el desarrollo inicial. Los sustratos fueron:

Sustrato 1: Tierra vegetal mezclada con limo en proporciones de 50%

Sustrato 2: Limo mezclado con arena en proporciones iguales de 50%

3.5.3.1.- Embolsado y disposición de los sustratos

Una vez que se concluyó con la desinfección de los sustratos nuevamente se procedió a realizar la mezcla y homogenización correspondiente, para posterior proceder al llenado en bolsas plásticas de polietileno de color negro (30 x 15 cm) hasta unos 20 cm, luego de ello, fueron ubicadas dentro del invernadero

3.5.4.- Siembra de semillas en diferentes sustratos

Una vez que se aplicó los diferentes tratamientos pregerminativos (escarificación mecánica, remojo en agua, en ácido y el testigo (sin tratamiento) de las semillas de chirimoya, en fecha 26 de julio de 2025, se procedió a la siembra directa en las bolsas plásticas de polietileno con los sustratos ya preparados, a una profundidad aproximada de 3 cm, introduciendo una 1 semilla por bolsa, luego se tapará las semillas con un poco de sustrato, hasta cubrirla completamente. Posteriormente se realizó un riego a los tratamientos, con el fin de darle las condiciones adecuadas de humedad al sustrato

3.5.5.- Labores culturales

Las labores culturales realizadas durante el ensayo, estuvieron principalmente dirigidas al riego, que se realizó de acuerdo a las necesidades de humedad del sustrato evaluando permanentemente que no presente la falta y/o exceso de agua, la frecuencia de riego se realizó cada 7 días durante la duración del ensayo.

Otra de las labores culturales realizada, fue el control de malezas, que se realizó de manera manual durante los días de control y verificación del desarrollo del ensayo.

En cuanto a la presencia de plagas y enfermedades, no se tuvo que realizar ninguna aplicación de productos químicos, debido a que los sustratos fueron previamente desinfectados.

3.5.6.- Fechas de toma de datos

La toma de datos de las variables de respuesta, fueron evaluadas cada 15 días desde el momento de la siembra, que se realizó el 26 de julio de 2025. Las fechas de evaluación fueron las siguientes.

1era evaluación: 8 de septiembre de 2025

2da evaluación: 23 de septiembre

3ra evaluación: 8 de octubre de 2025

4ta evaluación: 23 de octubre de 2025

5ta evaluación: 5 de noviembre de 2025

3.6.- Variables de respuesta

Las variables de respuesta que se tomaron en cuenta en esta investigación son:

3.6.1.- Porcentaje de germinación

Para la evaluación del porcentaje de germinación se tomó en cuenta desde la siembra (26 de julio de 2025) hasta la aparición del brote de las primeras hojas (cotiledones) en los sustratos (primero quincena de septiembre), considerando el número de semillas que germinaron sobre el total de semillas sembradas. Cada repetición contenía un total de 12 semillas, sembrada en cada bolsa.

3.6.2.- Altura de las plántulas

La medición de la altura de las plántulas se realizó una vez que emergieron las primeras dos hojas verdaderas, eligiéndose 5 plantas al azar por tratamiento, para la medición se tomó en cuenta desde la base del cuello del tallo hasta el ápice terminal de la planta. Los datos se registrarán cada 15 días, la medición fue realizada con una regla de 30 cm.

3.6.3.- Diámetro del tallo de las plántulas

Para medir el diámetro del tallo de las plántulas, se utilizó un calibrador vernier, cada 15 días a partir de la emergencia de las plántulas que se produjo en los primeros días del mes de septiembre y esta medición se llevó a cabo dejando 1 cm de altura sobre el nivel del sustrato.

3.6.4.- Número de hojas

Para evaluar esta variable se contó el número de hojas verdaderas por cada plántula, registrándose ya con las dos primeras hojitas verdaderas al igual que las demás variables se tomó datos cada 15 días, en los tratamientos respectivos, considerando el tiempo de desarrollo de esta investigación.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Análisis del porcentaje de germinación

Los resultados obtenidos del 85,42% de emergencia mediante escarificación mecánica en semillas de chirimoya, frente al 58,33% del tratamiento testigo, coincide con la tendencia ampliamente reportada en investigaciones realizadas sobre este cultivo, obteniéndose resultados similares, como los reportados por Mamani (2023), quien obtuvo porcentajes de emergencia aplicando tratamientos pregerminativos con el método mecánico (escarificación) de 75 %, 69% con el método físico y químico, y un porcentaje de emergencia de 56 % con el tratamiento testigo. Lo que demuestra que la aplicación del método de la escarificación, mejora significativamente la germinación de semillas

Tabla 3. Porcentaje de emergencia de las plántulas según tratamientos

Tratamientos	Toma de Datos																									Total, de plantas	%
	R1	R2	R3	total	% 1ra	R1	R2	R3	total	% 2da	R1	R2	R3	total	% 3ra	R1	R2	R3	total	4ta	R1	R2	R3	total	5ta		
A1B1	12,5	12,5	6,2	38	10,4	44	38	31,2	113	37,5	31,2	25	25	81,2	27	6,2	12,5	12,5	31	10,42	0	0	6,2	6,2	2,08	42	87,5
A1B2	6,2	12,5	0	18,7	6,25	38	31	25	94	31,25	31,2	25	18,7	72	25	19	25	12,2	56,2	18,75	0	6,2	0	6,2	2,08	40	83,33
A2B1	0	0	0	0	0	12	6,2	0	18,7	6,25	19	19	19	57	19	50	43,7	37,2	130,9	43,75	12,5	6,2	0	18,7	6,25	36	75
A2B2	0	0	0	0	0	6,2	6,2	0	12,4	4,17	25	19	19	63	21	56,2	37,5	31,2	124,9	41,67	6,2	6,2	0	12,4	4,17	34	70,83
A3B1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	6,2	12,5	38,2	13	56,2	50	37,2	143,4	47,92	6,2	0	13	19,2	6,25	32	66,67
A3B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,5	6,2	6,2	24,9	8,3	50	43,7	31,2	124,9	41,67	19	12,5	6,2	37,7	12,5	30	62,5
A4B1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,2	0	6,2	18,4	6,3	31,5	25	18,7	75,2	25	38	31	19	88	29,17	29	60,42
A4B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,2	6,2	0	12,4	4,2	18,2	25	18,7	61,9	20,83	31	44	19	94	31,25	27	56,25
Media	0	0	0	0	2,08	0	0	0	0	9,9					15					31,25					11,72		

Fuente: Elaboración propia

Existe una variabilidad notable en el porcentaje de emergencia entre los diferentes tratamientos. Los tratamientos A1B1 y A1B2 muestran los promedios más altos (8.4% y 8.0% respectivamente), lo que sugiere una mayor eficacia en la promoción de la emergencia de plantas.

Los tratamientos A4B1 y A4B2 presentan los promedios más bajos (5.8% y 5.4% respectivamente), indicando una menor capacidad para favorecer la emergencia de plantas en comparación con el demás tratamiento

Tabla 4.Doble entrada de, porcentaje de germinación

FACTORES	B1	B2	TOTAL	PROMEDIO %
A1	42	40	82	20
A2	36	34	70	17,5
A3	32	30	62	15,5
T4	24	27	56	14
TOTAL	134	131	270	67
MEDIA	16,7	16,3	33,7	8,3

Fuente: Elaboración propia

El cuadro de doble entrada refleja que el factor A1 presenta el mayor desempeño en germinación, con un promedio del 20% (42% en B1 y 40% en B2), superando a A2 (17.5%), A3 (15.5%) y T4 (14%). En cuanto al factor B, B1 muestra una media global de 16.7%, superior a los 10.4% de B2, lo que sugiere que B1 favorece más la germinación que B2 en todos los niveles de A evaluados. El total acumulado de germinación es 270 unidades, con un promedio general del 8.3%, confirmando que las combinaciones de factores no son homogéneas y que A1 y B1 son los niveles más eficaces para potenciar este proceso fisiológico en las plantas estudiadas

El resultado del análisis de varianza para la variable porcentaje emergencia de plántulas de chirimoya considerando cuatro tratamientos pregerminativos; escarificación mecánica, remojo en agua, remojo en ácido y el testigo y dos tipos de sustratos (mezcla de tierra vegetal con limo y mezcla de limo con arena), reporta que existen diferencias

altamente significativas entre los tratamientos aplicados. Esto indica que la aplicación de métodos pregerminativos influyó de manera directa en la emergencia de las semillas de chirimoya, diferenciándose claramente del testigo (**Tabla 5**).

Tabla 5. Análisis de varianza de la variable emergencia de plantas

Fuente de variación	S.C.	Gl	C.M.	Fc	Sig.
Tratamientos pregerminativos (Factor A)	90,995	3	30,332	3,290	0,031
Sustratos (Factor B)	15,900	1	15,900	1,725	0,201
Trat. Preg. (A) X Sustrato (B)	1,235	3	0,412	0,045	0,963
Error	294,975	32	9,218		
Total	115,860	40			

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al tipo de sustrato utilizado, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los dos sustratos evaluados. Esto sugiere que la composición del sustrato no tuvo un efecto determinante sobre la emergencia de las plántulas.

Sobre la interacción entre los tratamientos y los sustratos utilizados, tampoco se observa diferencias, lo que evidencia que el efecto de los tratamientos pregerminativos fue consistente en ambos tipos de sustrato, sin que se presenten variaciones atribuibles a la combinación de ambos factores.

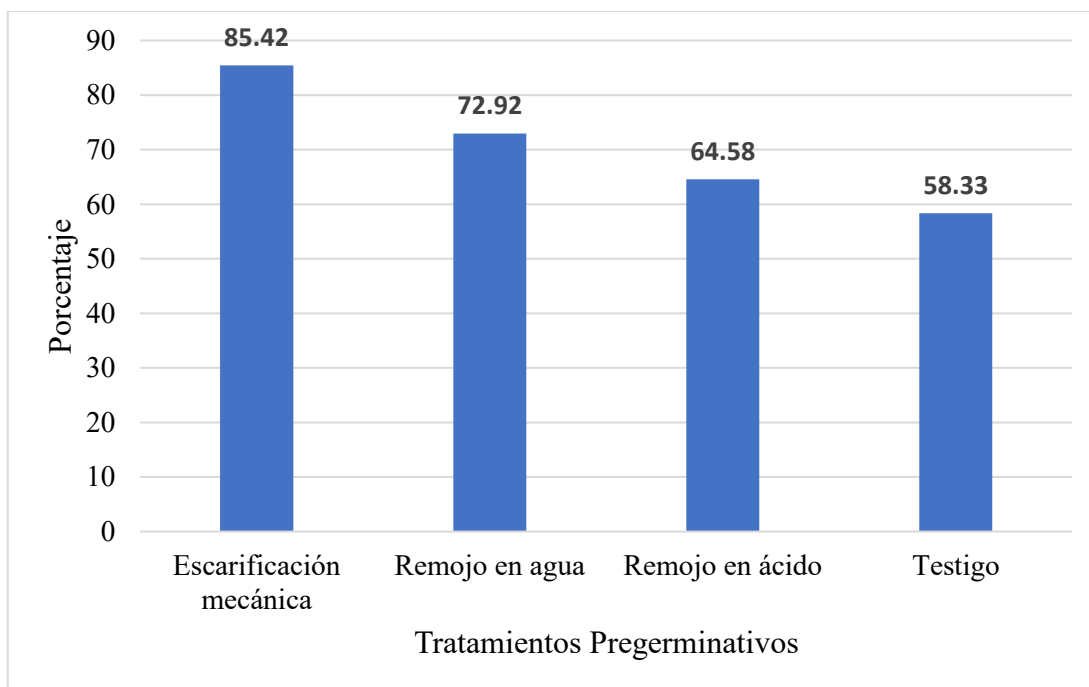
Tabla 6. Prueba de significancia de Duncan

Tratamiento	% de emergencia	Sig.
Escarificación mecánica	85,42	a
Remojo en agua	72,92	b
Remojo en ácido	64,58	b
Testigo	58,33	b

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de la prueba de Duncan evidencian que los tratamientos pregerminativos ejercieron un efecto significativo sobre la emergencia de semillas de chirimoya. Esto confirma que la aplicación de técnica de la escarificación mecánica, que consiste en el lijado de la semilla de chirimoya tuvo en promedio un 85,42% de emergencia de plantas, en comparación a los demás tratamientos, siendo en el tratamiento testigo donde se registró el menor porcentaje de emergencia (58,33%).

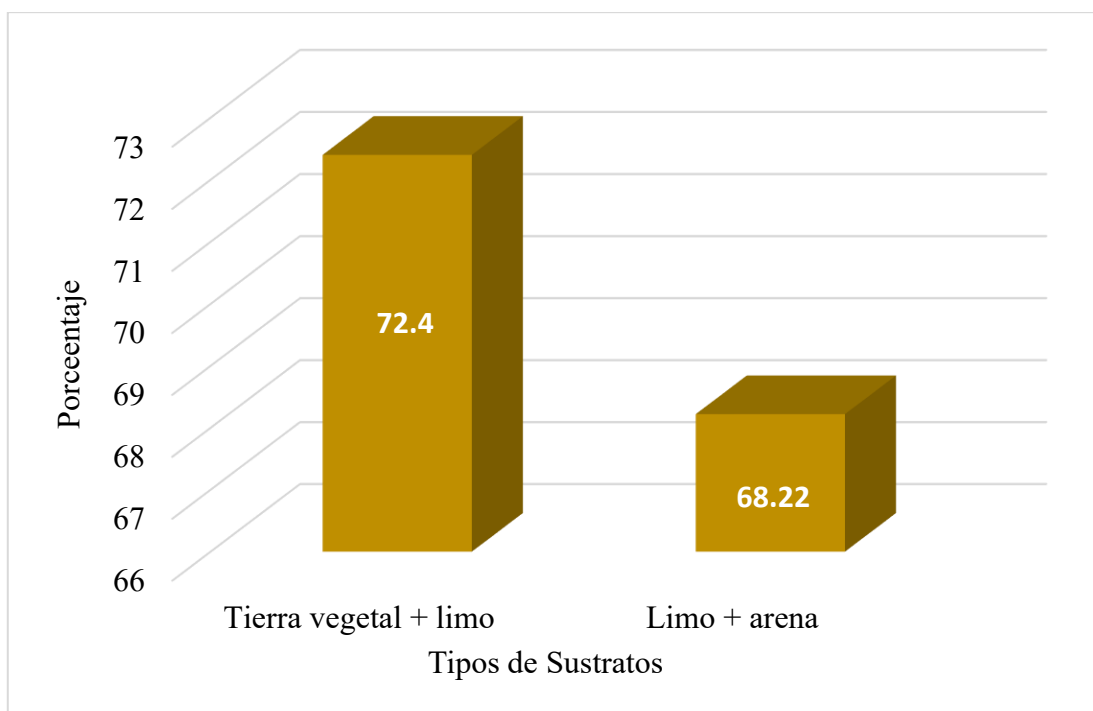
Figura 2. Porcentaje de emergencia de plantas según tipo de tratamiento



Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a los resultados del porcentaje de emergencia de plantas considerando los dos tipos de sustratos utilizados (**Tabla 6**), se observa que no hay diferencia, aunque se registró un mayor de porcentaje de emergencia de plantas (72,40%) en el sustrato de tierra vegetal mezclada con limo, mientras que para sustrato compuesto de limo y arena se tuvo un 68,22% de emergencia de plantas.

Figura 3. Porcentaje de emergencia de plantas según tipo de sustrato



Fuente: Elaboración Propia

La ausencia de diferencias entre los sustratos indica que, bajo las condiciones del ensayo, tanto la mezcla de tierra vegetal con limo como la mezcla de limo con arena proporcionaron condiciones adecuadas de aireación y humedad para la germinación de las semillas de chirimoya. Por lo que se podría aseverar que la textura del sustrato no es un factor determinante para la emergencia inicial de las plántulas, bajo las condiciones como se desarrolló este trabajo de investigación.

4.2.- Altura de las plántulas

Los resultados obtenidos sobre la altura de los plantines, difieren levemente con lo reportado por diversos autores que han estudiado sobre la germinación y el crecimiento inicial de plantines de Chirimoya, como es el caso de Mamani (2018), quien realizó una investigación sobre la “Producción de plantines de chirimoya (*Annona cherimola* Miller) bajo tratamiento pregerminativo en diferentes sustratos en la comunidad de la Lloja”, reportando que no existió diferencias significativas en el desarrollo altitudinal de plantines en la aplicación de ocho (8) tratamientos, obteniéndose alturas promedios de mayor a menor de 16,29 a 14,62 cm de altura respectivamente.

Tabla 7. Altura promedio de plantas (cm)

Tratamientos	Repeticiones (toma datos)					Suma total	Media
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta		
A1B1	4,3	5,5	6,3	9,5	13,0	38,6	7,7
A1B2	3,5	4,3	5	6,8	9,9	29,5	5,9
A2B1	0	4	4,6	6,6	8,6	23,8	4,8
A2B2	0	1,3	3,4	4,5	8,1	17,3	3,5
A3B1	0	2,6	4,3	5	8,4	20,3	4,1
A3B2	0	0	4,1	4,5	6,9	15,5	3,1
A4B1	0	0	3,7	4,9	7,6	16,2	3,2
A4B2	0	0	2	3,5	6,1	11,6	2,3
Suma total	7,8	17,7	33,4	45,3	68,6		
Media	1,0	2,2	4,2	5,7	8,6		

Fuente: Elaboración propia

El tratamiento A1B1 presenta la mayor altura promedio (7.7 cm), lo que sugiere que este tratamiento es el más efectivo para promover el crecimiento en altura de las plantas en comparación con los demás tratamientos.

Los tratamientos A4B1 y A4B2 muestran las alturas promedio más bajas (3.2 cm y 2.3 cm respectivamente), indicando una menor capacidad para favorecer el crecimiento en altura de las plantas en comparación con los otros tratamientos.

Tabla 8. Doble entrada de, altura de planta

FACTORES	B1	B2	TOTAL	PROMEDIO %
A1	38,6	29,5	68,1	17
A2	23,8	17,3	40,8	10,2
A3	20,3	15,5	35,8	8,9
T4	16,2	11,6	27,8	6,9
TOTAL	98,9	73,9	172,5	43
MEDIA	24,7	18,4	43,1	5,3

Fuente: Elaboración propia

El cuadro de doble entrada de altura de plantas evidencia diferencias significativas en el desarrollo de altura según los factores evaluados. El nivel A2 presenta el mayor promedio de altura (10.2 cm), con valores de 23.8 cm en B1 y 17.3 cm en B2; le siguen A3 (8.9 cm), T4 (6.9 cm) y A1 (2.7 cm). Respecto al factor B, B1 muestra una media global de 12.3 cm, superando notablemente los 9.2 cm de B2, lo que indica que B1 favorece de manera consistente el crecimiento en altura en todos los niveles de A estudiados. El total acumulado de altura es 172.5 cm, con un promedio general de 2.7 cm (considerando la agregación de todos los tratamientos), confirmando que las combinaciones de factores no son homogéneas y que la combinación A2-B1 es la más eficaz para potenciar el crecimiento vertical de las plantas en la investigación

Los resultados del análisis de varianza que se presentan en la (Tabla 10), muestran que se presentan diferencias solamente entre los tratamientos (escarificación mecánica, remojo en agua, remojo en ácido y el testigo). Pero no se presentan diferencias entre los sustratos (tierra vegetal mezclada con limo y limo con arena). También se observa

que no presenta diferencias entre la interacción de los tratamientos pregerminativos frente a los tipos de sustratos utilizados.

Tabla 9. Análisis de varianza de la variable altura de planta

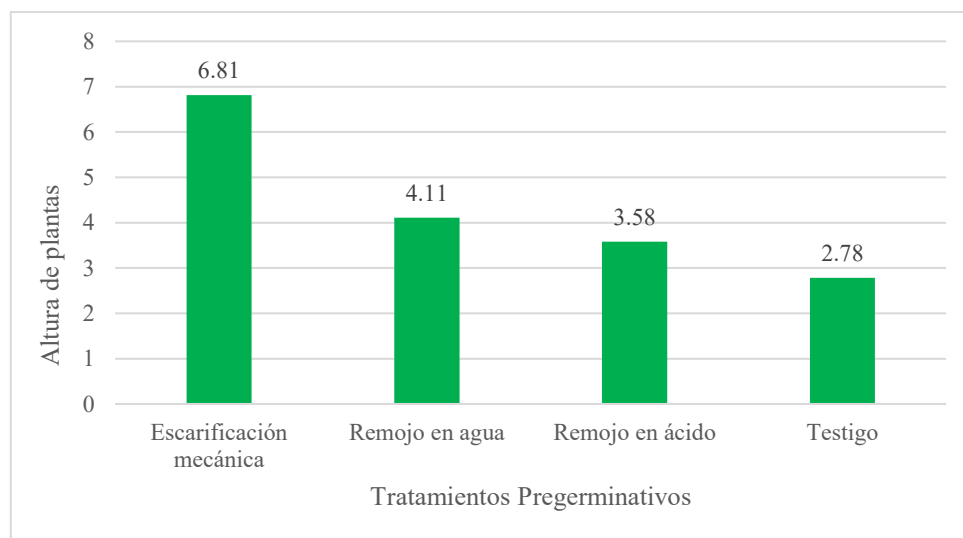
Fuente de variación	S.C.	Gl	C.M.	Fc	Sig.
Tratamientos pregerminativos (Factor A)	91,634	3	30,545	3,24	0,035
Sustratos (Factor B)	15,625	1	15,625	1,66	0,207
Trat. Preg. (A) X Sustrato (B)	1,301	3	0,434	0,04	0,987
Error	300,804	32	9,400		
Total	115,860	40			

Fuente: Elaboración propia

Para verificar entre que tratamientos se presentan las diferencias significativas ($p = 0,05$), se realizó el análisis de la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, la cual permitió identificar que las diferencias en la altura de planta, se presentan entre los tratamientos de la escarificación mecánica (6,81 cm) y del remojo en agua (4,11 cm), en comparación al remojo de semillas en ácido (3,58 cm) y el testigo (2,78 cm).

Pero a su vez, no presentan diferencias entre ambos tratamientos.

Figura 4. Altura promedio de plantas según tipo de tratamiento



Fuente: Elaboración propia

También se registra que las plantas que germinaron de semillas que fueron lijadas (escarificación mecánica) son las alcanzaron un mayor crecimiento promedio de 6,81 cm, en comparación al testigo que crecieron en promedio 2,78 cm. Esta diferencia en la altura de las plantas puede deberse a que emergieron en menor tiempo respecto a los demás tratamientos.

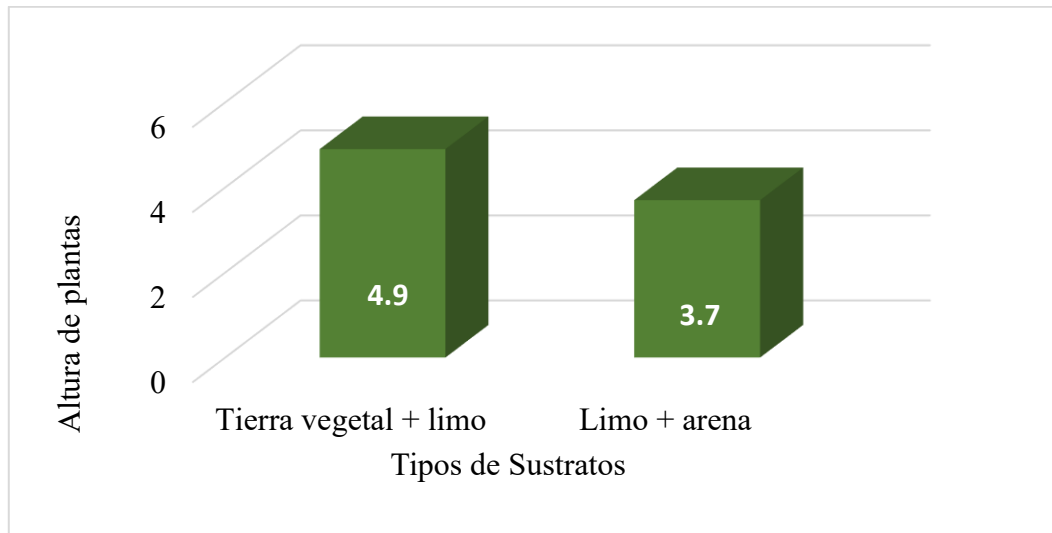
Tabla 10. prueba de significancia de Duncan

Tratamiento	Altura planta	Sig.
Escarificación mecánica	6,81	a
Remojo en agua	4,11	a
Remojo en ácido	3,58	b
Testigo	2,78	b

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en cuanto al efecto del sustrato sobre el crecimiento de las plantas, se observa en la (**Tabla 11**), que no existen diferencias entre ambos de tipos de sustratos, registrándose promedios de altura de plantas de 4,9 cm para el sustrato de tierra vegetal mezclada con limo y de 3,7 cm, para el limo mezclado con arena.

Figura 5. Altura promedio de plantas según tipo de sustrato



Fuente: Elaboración propia

4.3.- Diámetro del tallo

Las diferencias significativas que se observan en los resultados obtenidos para la variable diámetro del tallo, son similares a los obtenidos por otros investigadores, en cuanto a que se presentan diferencias entre los tratamientos, como, por ejemplo, en la investigación realizada por Bautista (2014), “Evaluación de tratamientos pregerminativo para estimular la germinación en dos variedades de chirimoya (*annona cherimola* mill.) en la localidad de Torrepampa”, donde menciona que se presentan diferencias significativas entre 7 tratamientos aplicados, siendo los valores promedios extremos de mayor a menor de 0,38 a 0,32 cm de diámetro de los plantines.

Tabla 11. Diámetro promedio del tallo de plantas

Tratamientos	Repeticiones (toma datos)					Suma total	Media
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta		
A1B1	1,8	2,5	3,2	4,0	4,9	16,4	3,3
A1B2	1,6	1,9	2,2	3,3	4,0	13	2,6
A2B1	0	1,6	2,3	2,9	3,6	10,4	2,1
A2B2	0	0,6	1,8	2,2	3,0	7,6	1,5
A3B1	0	1,0	2,0	2,3	3,0	8,3	1,7
A3B2	0	0	2,2	2,0	2,6	6,8	1,4
A4B1	0	0	2,1	2,1	2,9	7,1	1,4
A4B2	0	0	1,5	1,8	2,4	5,7	1,1
Suma total	3,4	7,6	17,3	20,6	26,4		
Media	0,4	1,0	2,2	2,6	3,3		

Fuente: Elaboración propia

El tratamiento A1B1 muestra el diámetro promedio más alto (3.3 mm), lo que sugiere que este tratamiento es el más efectivo para promover el engrosamiento del tallo en comparación con los demás tratamientos.

Los tratamientos A4B1 y A4B2 presentan los diámetros promedio más bajos (1.4 mm y 1.1 mm respectivamente), indicando una menor capacidad para favorecer el engrosamiento del tallo en comparación con los otros tratamientos

Tabla 12. Doble entrada de, diámetro del tallo de la planta

FACTORES	B1	B2	TOTAL	PROMEDIO %
A1	16,4	13	29,2	7,3
A2	10,4	7,6	18	4,5
A3	8,3	6,8	15,1	3,7
T4	7,1	5,7	12,8	3,2
TOTAL	42,2	33,1	75,1	18,7
MEDIA	5,2	4,1	9,3	2,3

Fuente: Elaboración propia

El cuadro de doble entrada del nivel A1 presenta el mayor promedio de diámetro (7.3%), con 16.4 mm en B1 y 13 mm en B2, superando a A2 (4.5%), A3 (3.7%) y T4 (3.2%). El factor B1 muestra una media global de 5.2 mm, superior a los 4.1 mm de B2, lo que indica que B1 favorece el desarrollo del grosor del tallo de manera consistente. El total acumulado es 75.1 mm, con un promedio general de 2.3%, confirmando que A1-B1 es la combinación más eficaz para potenciar la formación de un tallo más robusto en las plantas estudiadas

Con relación a la variable diámetro del tallo de las plantas de chirimoya, los resultados del análisis de varianza que se presentan en la (**Tabla 14**), reportan que existen diferencias significativas ($p = 0,05$) entre los métodos pregerminativos (tratamientos) aplicados para la germinación de semillas de chirimoya. Pero también se observa que no se presentan diferencias entre los sustratos utilizados y tampoco hay diferencias entre la interacción de los tratamientos pregerminativos con el tipo de sustrato.

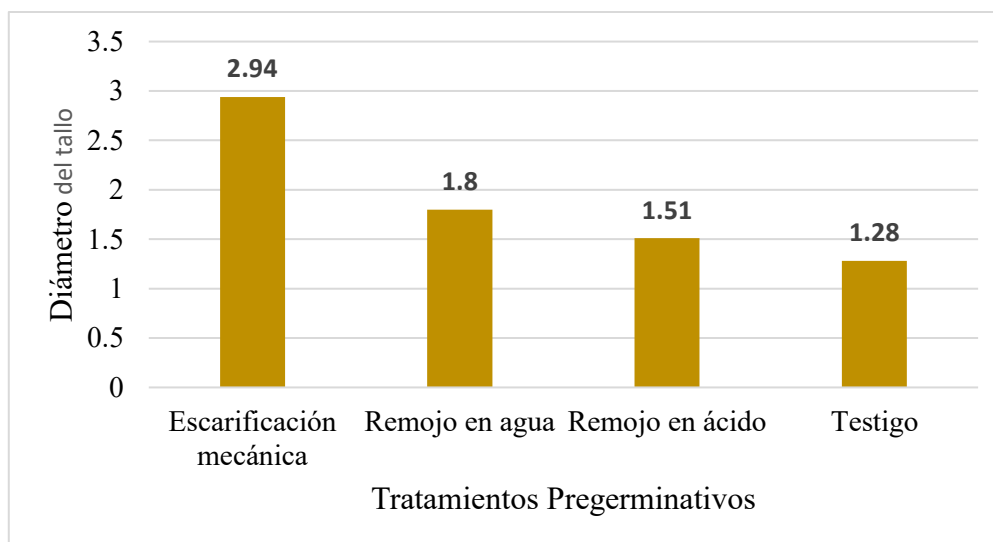
Tabla 13. Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo de plantas

Fuente de variación	S.C.	Gl	C.M.	Fc	Sig.
Tratamientos pregerminativos (Factor A)	16,269	3	5,423	3,670	0,022
Sustratos (Factor B)	2,070	1	2,070	1,401	0,245
Trat. Preg. (A) X Sustrato (B)	0,291	3	0,097	0,066	0,978
Error	47,288	32	1,478		
Total	207,670	40			

Fuente: Elaboración propia

Habiendo constatado que existen diferencias entre los tratamientos pregerminativos utilizados, se realizó el análisis de la prueba de Duncan, que permite establecer entre que tratamientos se presentan las diferencias. Los resultados de la (**Tabla 14**), muestran que los plantines provenientes de semillas que fueron sometidas al lijado mediante la escarificación mecánica, son las en que promedio desarrollaron un mayor diámetro del tallo (2,9 cm), en comparación a los demás tratamientos, observándose también que el menor crecimiento del tallo se registró en tratamiento testigo con 1,28

Figura 6. Porcentaje del diámetro de plantas según tipo de tratamiento



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los tratamientos de remojo en agua y en ácido, los resultados son casi similares, por lo cual no hay diferencias

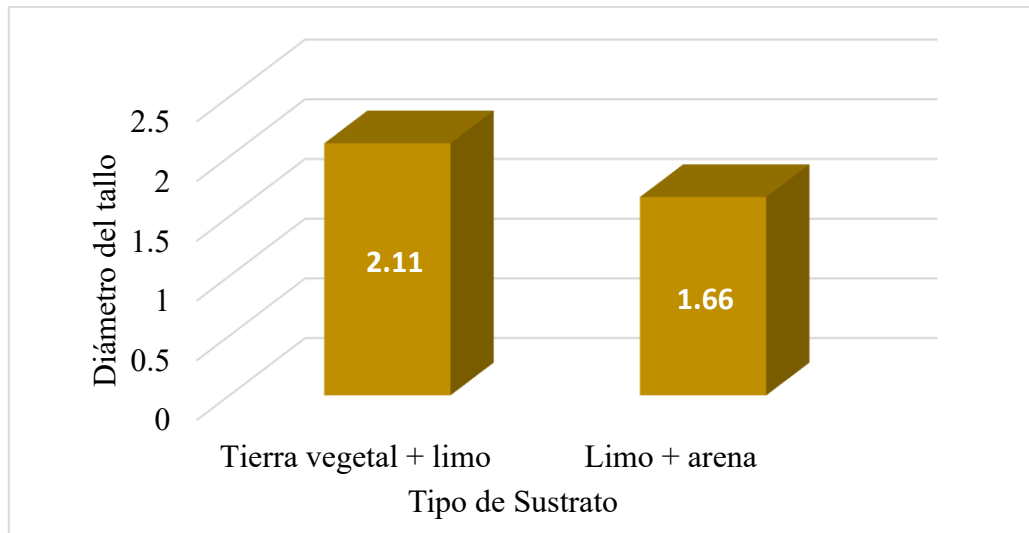
Tabla 14. prueba de significancia de Duncan

Tratamiento	Diámetro de tallo	Sig.
Escarificación mecánica	2,94	a
Remojo en agua	1,80	b
Remojo en ácido	1,51	b
Testigo	1,28	b

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los resultados de la influencia del tipo de sustrato en el crecimiento del diámetro del tallo de las plantas de chirimoya (Tabla 14), se registra diámetros de 2,11 cm y 1,66 cm respectivamente para la mezcla de tierra vegetal con limo y de limo con arena.

Figura 7. Diámetro promedio del tallo de plantas según tipo de sustrato



Fuente: Elaboración propia

4.4.- Número de hojas

Los resultados muestran que con el tratamiento de la escarificación mecánica se observa un mayor número de hojas por planta, frente a los demás tratamientos. Esta diferencia indica que los tratamientos que facilitan la imbibición y la ruptura de la dormancia no solo mejoran la emergencia, sino también el vigor y desarrollo inicial de las plántulas. Sobre esta variable, se puede aseverar que existen investigaciones con resultados similares y contradictorios a la vez. Para el primer caso, se menciona los resultados obtenidos por Mamani, Ana (2023), que reportó diferencias significativas de los métodos pregerminativos Físico y Mecánico con promedios de 3,41 y 3,32 hojas en comparación al método químico con promedio de 3,26 hojas y el testigo con 2,87 hojas.

Pero por el contrario en el estudio realizado por Mamani, Verónica (2018), indica similitud estadística, en ocho (8) tratamientos con promedios de 6,81 a 5,25 hojas por plantin. Es decir, que no existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

Tabla 15. Numero de hojas promedio por planta

Tratamientos	Repeticiones (toma datos)					Suma total	Media
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta		
A1B1	1,6	2,3	3,6	4,9	6,2	18,6	3,7
A1B2	1,3	2,5	2,2	3,3	4,4	13,7	2,7
A2B1	0	1,3	1,9	2,5	3,7	9,4	1,9
A2B2	0	1	1,1	1,6	2,9	6,6	1,3
A3B1	0	0,8	1,5	2	2,9	7,2	1,4
A3B2	0	0	1,2	1,5	2,5	5,2	1,0
A4B1	0	0	1,3	1,7	2,3	5,3	1,1
A4B2	0	0	1	1,5	2,1	4,6	0,9
Suma total	2,9	7,9	13,8	19	27		
Media	0,4	1,0	1,7	2,4	3,4		

Fuente: Elaboración propia

La media general del número de hojas por planta en todos los tratamientos es de 2,4 hojas, lo que indica que, en promedio, cada planta presenta aproximadamente esa cantidad de hojas a lo largo de las diferentes repeticiones y tratamientos. Esto sugiere una tendencia central moderada en la cantidad de hojas producidas, con variaciones que dependen del tratamiento específico, siendo los tratamientos A1B1 y A1B2 los que tienden a tener valores más elevados en promedio, mientras que A4B2 presenta valores menores

Tabla 16. Doble entrada de, Numero de hojas promedio por planta

FACTORES	B1	B2	TOTAL	PROMEDIO %
A1	18,6	13,7	32,3	8
A2	9,4	6,6	16	4
A3	7,2	5	12,2	3
T4	5,3	4,6	9,9	2,4
TOTAL	40,5	29,9	73,1	17,4
MEDIA	5	3,7	9,1	2,1

Fuente: Elaboración propia

El cuadro de doble entrada del nivel A1 presenta el mayor promedio de diámetro (7.3%), con 16.4 mm en B1 y 13 mm en B2, superando a A2 (4.5%), A3 (3.7%) y T4 (3.2%). El factor B1 muestra una media global de 5.2 mm, superior a los 4.1 mm de B2, lo que indica que B1 favorece el desarrollo del grosor del tallo de manera consistente. El total acumulado es 75.1 mm, con un promedio general de 2.3%, confirmando que A1-B1 es la combinación más eficaz para potenciar la formación de un tallo más robusto en las plantas estudiadas

Los resultados del análisis de varianza aplicado a la variable número de hojas en plantas (**Tabla 18**) de chirimoya muestran que existen diferencias estadísticas significativas entre los cuatro tratamientos evaluados. Estos resultados evidencian que la aplicación de métodos pregerminativos influye directamente en el desarrollo foliar de las plántulas, reflejando un efecto positivo en la capacidad de establecimiento y vigor inicial de las plantas. Asimismo, la interacción entre sustratos y tratamientos pregerminativos tampoco presentó efectos significativos, sugiriendo que la respuesta de las plantas al número de hojas depende principalmente del tratamiento pregerminativo aplicado, independientemente del sustrato en el que se establezcan.

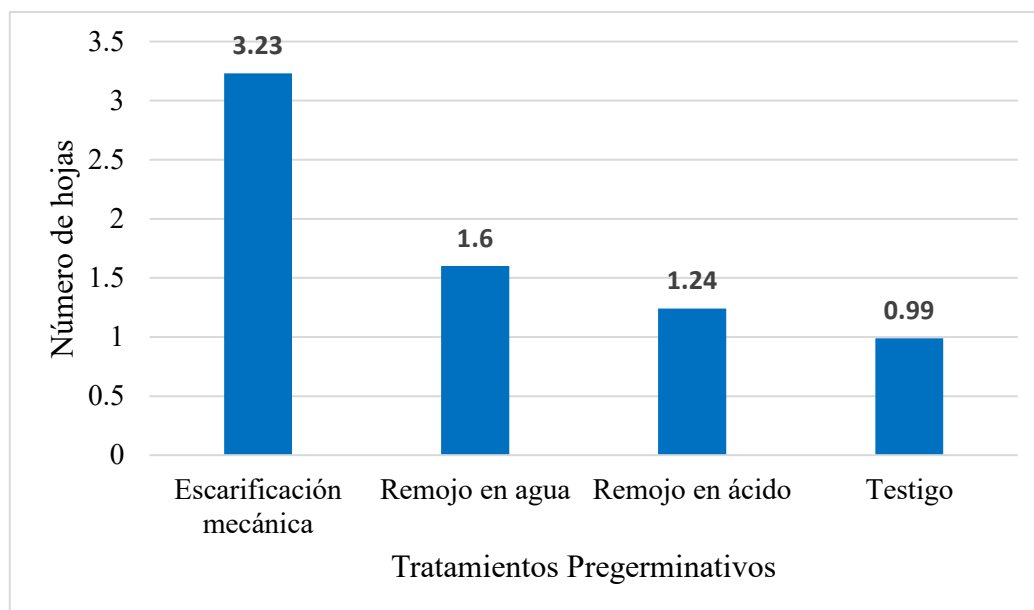
Tabla 17. Análisis de varianza de la variable número de hojas

Fuente de variación	S.C.	Gl	C.M.	Fc	Sig.
Tratamientos pregerminativos (Factor A)	30,497	3	10,166	6,674	0,001
Sustratos (Factor B)	2,704	1	2,704	1,775	0,192
Trat. Preg. (A) X Sustrato (B)	0,930	3	0,310	0,204	0,893
Error	48,740	32	1,523		
Total	82,871	40			

Fuente: elaboración propia

Las diferencias que se presentan entre los tratamientos, establecen que se tuvo un mayor número de hojas por planta (3,2 hojas) con la aplicación de la escarificación mecánica frente a los tratamientos; remojo en agua, remojo en ácido y el testigo. La baja cantidad del número de hojas por planta en el caso del tratamiento testigo (0,9 hojas), se puede atribuir, a que en este tratamiento el porcentaje de emergencia de plantas fue menor en comparación a los demás tratamientos.

Figura 8. Porcentaje del número de hojas por planta, según tipo de tratamiento



Fuente: Elaboración propia

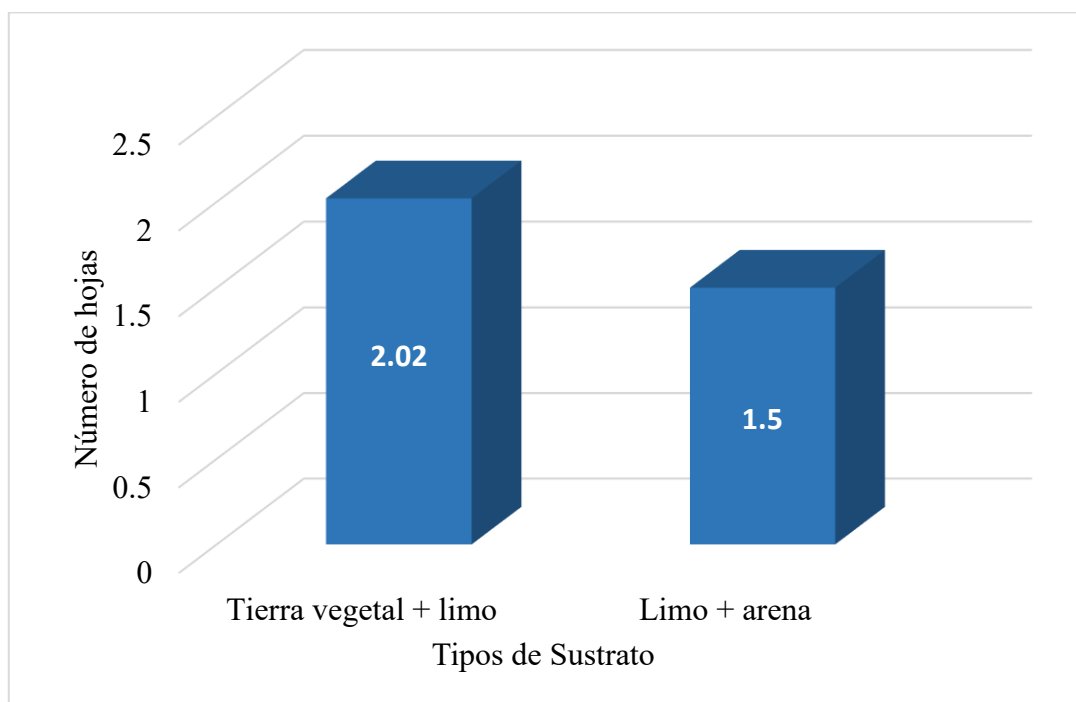
Por otro lado, el análisis de varianza también mostró que no hay diferencias significativas entre los dos sustratos utilizados (**Tabla 19**), obteniéndose en promedio 2,02 hojas para la mezcla de tierra vegetal con limo, en comparación a la mezcla de limo y arena donde se tuvo un promedio de 1,5 hojas por plantas. Lo que indica que el tipo de sustrato no fue un factor determinante en la producción de hojas durante la etapa inicial de crecimiento.

Tabla 18.prueba de significancia de Duncan

Tratamiento	Altura planta	Sig.
Escarificación mecánica	3,23	a
Remojo en agua	1,60	b
Remojo en ácido	1,24	b
Testigo	0,99	b

Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Número de hojas por planta según tipo de sustrato



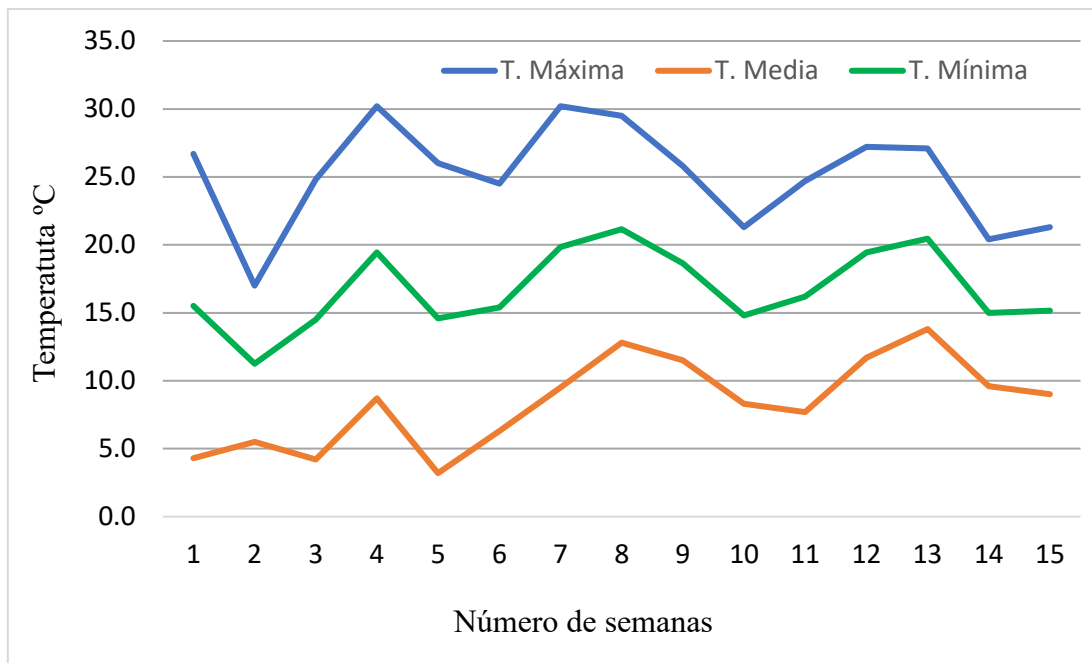
Fuente: Elaboración propia

4.5.- Temperatura

Con respecto a los datos de la temperatura registrados durante el período comprendido entre el 26 de julio y el 5 de noviembre, en que se realizaron la toma de datos del ensayo, se registraron las temperaturas máximas, mínimas y medias que acompañaron el desarrollo del ensayo. Los datos de las temperaturas se agruparon por semana en los meses correspondientes, en el caso de los meses de julio solamente se registraron dos días y en el mes de noviembre una semana.

Los datos de las temperaturas se presentan en la Figura 10, donde puede observar mucha variación, ya que fue un año atípico con temperaturas muy bajas al inicio del mes julio, pero paulatinamente aumento, pero presentado variaciones bruscas.

Figura 10. Promedio de temperaturas; máxima, media y mínima



Fuente: Elaboración propia

La variación de las temperaturas según los meses que duró el ensayo se muestra la Tabla 11, donde se registra que en los meses de julio – agosto, las temperaturas mínimas se mantuvieron relativamente bajas, propias del final de la temporada invernal, con valores que oscilaron entre 3,2 °C a 8,7 °C. Las máximas alcanzaron entre

17,0 °C y 30 °C. Para el mes de septiembre se observó un incremento progresivo de las temperaturas máximas, llegando a 30,2°C, mientras que las mínimas se registraron en torno a 6,3 °C. Las medias se situaron entre 15,4 °C y 21,2 °C., siendo el mes donde se observó mayor amplitud térmica.

En el mes de octubre las temperaturas fueron más estables. Las máximas alcanzaron los 27,2 °C en algunos días, mientras que las mínimas descendieron ocasionalmente a 7,7 °C. Las medias se mantuvieron en torno a °C. Finalmente para el mes de noviembre, durante la primera se registró un de 21,3 °C, para la máxima, 15,2 °C la media y 21,3 °C para la temperatura mínima.

Tabla 19. Promedio de temperaturas mes julio – noviembre

Mes	Nº semana	Temperatura		
		Máxima	Media	Mínima
Julio	1	26,7	15,5	4,3
Agosto	2	17,0	11,3	5,5
	3	24,8	14,5	4,2
	4	30,0	19,5	8,7
	5	26,0	14,6	3,2
Septiembre	6	24,5	15,4	6,3
	7	31,2	19,9	9,5
	8	29,5	21,2	12,8
	9	25,8	18,7	11,5
Octubre	10	21,3	14,8	8,3
	11	24,7	16,2	7,7
	12	27,2	19,5	11,7
	13	27,1	20,5	13,8
	14	20,4	15,0	9,6
Noviembre	15	21,3	15,2	9,0

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, con el objeto de mostrar la relación entre las temperaturas con la germinación y desarrollo de las plántulas de chirimoya, se presenta la siguiente Tabla 12. donde se observa la variación térmica de la temperatura con las variables objeto de estudio.

Tabla 20. Relación de la variación térmica y el desarrollo de plántulas

Mes	Temperatura			Observación sobre el desarrollo de germinación y plántulas.
	Máxima	Media	Mínima	
Jul- Ago	30,2	11,3	3,2	Proceso de germinación lenta en los tratamientos, aunque compensada por los tratamientos aplicados
Sept.	31,2	15,4	6,3	Condiciones más favorables. Escarificación mecánica y remojo en agua mostraron mayor emergencia de plántulas.
Oct.	27,2	14,8	7,7	Diferencias entre tratamientos en cuanto al desarrollo de las variables de estudio
Nov.	21,3	15,2	9,0	Condiciones de crecimiento y desarrollo de las plántulas.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones

A continuación, se presentan las siguientes conclusiones:

- Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos pregerminativos (escarificación mecánica, remojo en agua, remojo en ácido y testigo) que ejercieron un efecto significativo sobre la emergencia de semillas, altura de plántulas, número de hojas y en el diámetro del tallo. Esto confirma que la aplicación de la escarificación mecánica, es el tratamiento con el cual se obtienen mejores resultados en comparación a los demás tratamientos, es decir, mayor porcentaje de germinación de semillas, mayor desarrollo de las plantas y del tallo y también en mayor número de hojas por planta.
- En cuanto al efecto de los sustratos (tierra vegetal mezclada con limo y limo con arena) sobre las variables estudiadas; como el porcentaje de emergencia de semillas, altura de plántulas, número de hojas y diámetro del tallo. La ausencia de diferencias estadísticas entre los sustratos indica, que bajo las condiciones en las que desarrollaron el ensayo, ambos sustratos proporcionaron un ambiente adecuado para el desarrollo de las plántulas, sin que las características de textura de los sustratos marcaran una ventaja significativa.
- Con respecto a los resultados de la evaluación del efecto de la interacción de los métodos pregerminativos (escarificación mecánica, remojo en agua, remojo en ácido y testigo) con los sustratos (tierra vegetal mezclada con limo y limo con arena), se comprobó que no hay efectos en la interacción tratamientos por sustrato, lo que indica que los efectos de los tratamientos pregerminativos son independientes del tipo de sustrato utilizado.

5.2.- Recomendaciones

- Se recomienda aplicar la escarificación mecánica o el remojo en agua de las semillas, como prácticas pregerminativas, ya que son métodos accesibles, económicos y seguros.
- El remojo en ácido podría ser efectivo, pero requiere mayor cuidado en su manejo por los riesgos asociados al uso de sustancias químicas.
- El sustrato puede seleccionarse en función de disponibilidad local y costos, ya que no afecta significativamente al desarrollo de las plántulas.
- Se sugiere continuar evaluando la velocidad de emergencia y vigor de plántulas en etapas posteriores, para determinar si los tratamientos pregerminativos también influyen en el desarrollo inicial y establecimiento definitivo de las plantas de chirimoya.