

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El tomate, o *Lycopersicum sculentum*, es una planta cuyo origen se localiza en Sudamérica y más concretamente en la región andina, aunque posteriormente fue llevado por los distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndose por todo el continente (R. Rodríguez, 2001).

El tomate es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, denominada científicamente *Lycopersicum sculentum* Mill, o *Lycopersicum sculentum* L. Farwell. Potencialmente perenne muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, distinta duración según la variedad (R. Rodríguez, 2001).

En Bolivia, el tomate (*Lycopersicom sculentum* Mill), se cultiva principalmente en los Valles Interandinos (1500-2500 msnm), y, en los últimos años, también se cultiva en algunas zonas Tropicales de Cochabamba y Santa Cruz. En ambos agro ecosistemas se cultiva principalmente en campo abierto, y, una pequeña proporción en invernadero como los Valles Mesotérmicos – Comarapa, Saipina, los Negros, Mairana y otros correspondientes al departamento de Santa Cruz y algunas microrregiones de los Valles Interandinos –Omereque, Mizque, Valle Alto, etc. De Cochabamba, se caracterizan por ser las zonas más tradicionales en la producción de tomate. En la mayor parte de estos Valles se cultiva durante todo el año, aunque, en varios de ellos, sólo en algunas épocas, debido a la intensidad del ataque de las plagas y enfermedades por las condiciones favorables de clima, que prevalecen durante la época (Coca, 2012).

Se cultivan una diversidad de variedades, como: Río grande, Río Fuego, y, una diversidad de híbridos importados. La producción se comercializa principalmente en los centros urbanos, como el oriente –Santa Cruz– es abastecido por los Valles Mesotérmicos, y, las ciudades como Cochabamba y La Paz, por los Valles Mesotérmicos y los Valles Interandinos de Cochabamba. En estas zonas tomateras el cultivo del tomate es la Principal fuente de ingresos económicos para los productores (Coca, 2012).

En el departamento de Tarija, se cultiva el tomate en diferentes zonas ecológicas y ambos agro ecosistemas se cultiva principalmente en campo abierto y una pequeña proporción en invernadero en Valle central de provincias cercado, Uriondo, utilizando el nivel tecnológico semi mecanizado y sistema forzado como invernaderos, en zonas sub tropicales en la provincia Aniceto Arce en municipio Bermejo y Padcaya, provincia O'Connor municipio Entre Ríos (La Moreta) y la provincia Gran Chaco municipio Villamontes En la mayor parte se cultiva solo en algunas épocas, debido que se presentan heladas el exceso de humedad en tiempo de lluvias es favorable a la intensidad del ataque de las plagas y enfermedades por las condiciones favorables de clima, que prevalecen durante la época.

1.1. Planteamiento del problema

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) constituye uno de los cultivos hortícolas esenciales para la seguridad alimentaria de Bolivia, con una producción a nivel nacional que ascendió a 61.531 toneladas, de acuerdo con los datos más recientes del Instituto Nacional de Estadística (2019). En el departamento de Tarija, específicamente en la provincia Cercado, este cultivo representa una fuente significativa de ingresos para productores de pequeña y mediana escala, quienes experimentan de manera sistemática dificultades vinculadas a la reducida tasa de germinación y la insuficiente formación de plántulas.

Pese a las iniciativas del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) para fomentar la utilización de semillas de alta calidad, se mantiene una escasez significativa de información técnica y científica respecto a los parámetros específicos de calidad física y fisiológica de los genotipos de tomate empleados en los valles de Tarija. Esta deficiencia obstaculiza el proceso de toma de decisiones en relación con la elección de materiales genéticos adecuados para las condiciones edafoclimáticas locales.

Los productores de tomate en Tarija registran pérdidas considerables durante la etapa de instauración del cultivo, atribuibles principalmente a dificultades vinculadas con

la calidad de la semilla. De acuerdo con los expertos del INIAF Tarija, entre el 15-20% de las pérdidas en la producción están directamente vinculadas a insuficiencias en parámetros tales como germinación, vigor y pureza de las semillas empleadas.

La falta de investigaciones sistemáticas destinadas a caracterizar y contrastar los parámetros de calidad de diversos genotipos de tomate bajo condiciones controladas obstaculiza la elaboración de recomendaciones técnicas precisas para los agricultores. Esta circunstancia se intensifica debido a la ausencia de una evaluación comparativa de la velocidad y porcentaje de germinación entre los genotipos comerciales y locales disponibles en la región, lo que restringe la capacidad de selección informada por parte de los productores.

El desconocimiento de la variabilidad en el comportamiento de los parámetros de calidad de semilla entre los genotipos de tomate bajo las condiciones particulares del valle central de Tarija representa un obstáculo considerable para la optimización de la producción y el aumento de la rentabilidad de este cultivo estratégico para la economía regional.

1.2. Justificación

El tomate es uno de los cultivos hortícolas de mayor relevancia económica y nutricional en Bolivia, por su alta productividad en los últimos años. En el departamento de Tarija, este cultivo constituye un componente esencial de la economía agrícola doméstica, particularmente en los valles de la provincia Cercado, implicando alrededor de 2.300 productores que se sustentan directamente en su comercialización.

La calidad de la semilla constituye un elemento crucial en la productividad del cultivo de tomate, influyendo directamente en el porcentaje de emergencia, la uniformidad del desarrollo y, finalmente, en los rendimientos logrados. De acuerdo con Tecnal (2021), "las evaluaciones de germinación son esenciales para evaluar el comportamiento de las semillas, pero las pruebas de vigor son complementarias y

tienen por objeto garantizar la calidad y el rendimiento de las semillas en el campo". Esta declaración subraya la relevancia de una evaluación exhaustiva de los parámetros de calidad para la formulación de recomendaciones técnicas exactas.

La justificación de esta investigación radica en la insuficiencia de datos técnicos sistematizados acerca de los parámetros de calidad de semilla de los principales genotipos de tomate empleados en la región tarijeña, bajo protocolos estandarizados que faciliten su evaluación comparativa. La labor llevada a cabo por el INIAF en la introducción y selección de variedades adaptadas a las condiciones locales requiere ser complementada con un examen meticuloso de la calidad física, fisiológica y sanitaria de las semillas, con el objetivo de optimizar las recomendaciones técnicas otorgadas a los productores.

Los hallazgos de este estudio proporcionarán datos esenciales para:

- a) La elección fundamentada de genotipos con parámetros de calidad seminal superiores, adaptados a las condiciones edafoclimáticas particulares del valle central de Tarija. La formulación de criterios específicos de calidad de semilla para cada genotipo, que puedan ser integrados en programas de certificación a nivel local.
- b) La perfección de estrategias de gestión post-cosecha y almacenamiento de semillas, fundamentadas en el comportamiento característico de cada genotipo.
- c) La consolidación de los programas de mejora genética a nivel local, a través de la detección de materiales con propiedades fisiológicas superiores.

Este estudio se encuentra en consonancia con las metas del Plan Nacional de Desarrollo Agrícola 2021-2025, que asigna prioridad al fortalecimiento de los sistemas locales de producción de semillas como estrategia para potenciar la soberanía alimentaria y disminuir la dependencia de material genético importado.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar los parámetros de calidad interna de la semilla con el fin de analizar el proceso de germinación en seis genotipos de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) mediante los atributos físicos, fisiológicos, y del factor de correlación del porcentaje de germinación en el laboratorio de semillas del INIAF Tarija.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de calidad física mediante análisis de porcentaje de pureza y porcentaje del contenido de humedad de las semillas de seis genotipos de tomate con la aplicación de las normas ISTA.
- Determinar la calidad fisiológica en seis genotipos de semilla de tomate mediante las mediciones de porcentaje de germinación y velocidad de germinación en diferentes intervalos de tiempo.
- Determinar el factor de correlación en el porcentaje de germinación entre los genotipos en estudio.

1.4 Hipótesis

Hi: Los seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) evaluados presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en sus parámetros de calidad física (pureza, contenido de humedad, peso de mil semillas) y fisiológica (porcentaje y velocidad de germinación) cuando son analizados bajo condiciones controladas de laboratorio.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 El cultivo del Tomate

1.1.1 Origen

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es originario de la región andina de Sudamérica. Investigaciones recientes de Razifard et al. (2020) utilizando análisis genómicos han confirmado que las especies silvestres precursoras del tomate cultivado se desarrollaron inicialmente en esta región, particularmente en territorios que hoy comprenden Perú, Ecuador y partes de Chile. Knapp y Peralta (2021) han establecido mediante estudios filogenéticos avanzados que la domesticación primaria ocurrió posteriormente en México, donde culturas precolombinas iniciaron su cultivo sistemático aproximadamente entre los siglos XV y XVI.

La diversidad genética actual del tomate refleja tanto su origen sudamericano como su posterior domesticación y selección en Mesoamérica, según los estudios de secuenciación comparativa realizados por Gao et al. (2019). La introducción del tomate a Europa, documentada por Blanca et al. (2021), ocurrió tras la conquista española, siendo España el primer punto de entrada alrededor de 1540, desde donde se diseminó al resto de Europa y posteriormente a nivel global (Gao, y otros, 2019).

1.1.2 Importancia del cultivo del Tomate

El tomate es una de las hortalizas de mayor importancia en el mundo, por su área sembrada, diversidad de productos que se obtienen y su alto nivel de consumo. Mundialmente ocupa el segundo lugar en importancia entre las hortalizas debido a su nivel de producción, la cual es superado solamente por el cultivo de la papa, los principales productores son China, Estados Unidos, Turquía, Italia, India, Irán, España, Brasil y México, los cuales contribuyen con cerca del 70 % de la producción mundial. La producción anual mundial creció 9.5 % en los cuarenta años, siendo la hortaliza más cultivada (Jaramillo, 2007).

El tomate es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel nacional. En la gestión 2015-2016, la producción estuvo concentrada en 4.625 hectáreas, sembradas a nivel nacional con una producción promedio por hectárea de 13.2 t, obteniéndose una producción nacional de 61.434 t. Esta cantidad no logro satisfacer la demanda nacional, por lo que se tiene que importar este producto de países como Perú (Giz-ProAgro, 2017).

1.2 Clasificación Taxonómica

Tabla 1: Clasificación Taxonómica

Reino:	Vegetal.
Phylum:	Telemophytae.
División:	Tracheophytae.
Subdivisión:	Anthophyta.
Clase:	Angiospermae.
Sub clase:	Dicotyledoneae.
Grado Evolutivo:	Metachlamydeae.
Grupo de Ordenes:	Tetraciclicos.
Orden:	Polemoniales.
Familia:	Solanaceae.
Nombre científico:	<i>(Lycopersicon esculentum Mill.)</i> .
Nombre común:	Tomate.

Fuente: (Acosta, 2024)

1.3 Descripción del Tomate

1.3.1 Características Morfológicas

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, puede desarrollarse de forma rastrera, semi erecta o erecta, y su crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitadas en las indeterminadas (R. Rodriguez, 2001).

Según (R. Rodríguez, 2001) menciona las características morfológicas de la siguiente manera:

1.3.1.1 Raíz

El sistema radicular del tomate es superficial y está constituido por la raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potenciales) y raíces adventicias.

1.3.1.2 Tallo

El tallo principal tiene 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; sobre el tallo se van a desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencia.

1.4.1.3 Hojas

Son compuestas imparipinadas con siete a nueve folíolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alterna sobre el tallo.

1.4.1.4 Flor

Es perfecta o hermafrodita, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos; y de seis o más pétalos: tiene un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que encierra el pistilo.

1.4.1.5 Fruto

Es una baya que presenta diferente tamaño, forma, color, consistencia y composición, según el cultivo que se trate.

1.4.1.6 Semilla

La semilla del tomate es pequeña, con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, éstas pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alargada, plana, arriñonada, triangular con la base puntiaguda. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos.

1.4 Definición de la semilla

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que ésta se disperse en tiempo y espacio. Las semillas son el medio a través del cual, aún de manera pasiva, las plantas encuentran nuevos sitios y microambientes (Doria, 2010).

1.4.1 Morfología de la semilla

Los componentes principales de la semilla son: **la cubierta seminal**, que confiere protección; el **endospermo**, que constituye la reserva de nutrientes, y **el embrión**, que es el ovulo fecundado. La estructura más externa de la semilla recibe el nombre de **testa, cubierta o tegumento seminal** (E. Soblechero, 2005).

1.5 Anatomía de la semilla

La semilla está compuesta de un embrión que contiene la nueva planta en estado latente, endospermo que almacena reservas de alimento, y cubiertas protectoras (Bladimir, 2022).

1.5.1 Embrión

Se origina a partir del cigoto, que es la célula diploide procedente de la fusión del gameto femenino (oosfera) con el masculino (núcleo espermático). En realidad, el cigoto es ya la primera célula del futuro embrión. El embrión está formado por un eje embrionario y uno (en monocotiledóneas) a dos (en dicotiledóneas) cotiledones (Pérez, 2006).

Según Pérez (2006) señala que el eje embrionario se diferencia:

a) La radícula: está situada en uno de los extremos del eje embrionario y, tras la germinación de la semilla, originará la raíz embrional de la planta.

b) El hipocótilo y la plúmula: situados en el extremo opuesto, después de la germinación originarán la parte aérea de la planta (el vástago). Por debajo de la plúmula y por encima del hipocótilo se sitúan las hojas embrionarias o cotiledones.

1.5.2 Endospermo

Sirve como fuente de reserva para ser utilizado por el embrión durante la germinación y en los primeros estados de desarrollo, hasta que la plántula este capacitada para elaborar su propio alimento mediante la fotosíntesis. La cantidad de endospermo varía en función de las especies, pudiendo incluso estar ausente en algunas de ellas; químicamente está constituido por carbohidratos, lípidos y proteínas. La composición exacta está determinada por los factores genéticos y ambientales y varía según la especie (E. Soblechero, 2005).

1.5.3 Cubiertas seminales

De acuerdo a Pérez (2006), señala que las cubiertas seminales son dos: testa y tegmen

a) Testa: es el tegumento exterior de la semilla. En algunas semillas puede ser extraordinariamente dura, estando formada por abundante tejido esclerenquimático (esclereidas). Es el caso de las semillas “duras” de numerosas especies de leguminosas, crucíferas, compuestas, cistáceas, etc.

b) Tegmen: es el tegumento interno de la semilla. En algunas semillas este tegumento está muy poco desarrollado o incluso puede llegar a faltar. A veces la testa y el pericarpio del fruto (originado a partir de la maduración y transformación del ovario del pistilo de la flor) están íntimamente unidos, con lo cual la “semilla” es en realidad un auténtico fruto.

1.6 Maduración de las semillas

La madurez de las semillas puede definirse desde el punto de vista morfológico (madurez morfológica) o desde el fisiológico (madurez fisiológica). Se suele considerar que una semilla es morfológica y fisiológicamente madura cuando reúne las siguientes condiciones: su embrión ha completado su proceso de diferenciación; ha alcanzado su tamaño máximo; dispone de las suficientes reservas nutritivas; es capaz de germinar, siempre y cuando no presente mecanismos de dormición. Como criterio práctico se suele fijar el final del periodo de maduración de la semilla con el momento en el que ésta alcanza su máximo peso fresco (Navarro, 2022).

1.6.1 Madurez morfológica

Se consigue cuando las distintas estructuras de las semillas se han completado, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo. La madurez se suele lograr sobre la misma planta; sin embargo, existen algunas especies que diseminan sus semillas antes de que se alcancen. Aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas de ellas pueden seguir siendo incapaces de germinar, porque necesitan experimentar aún una serie de transformaciones fisiológicas (Doria, 2010).

1.6.2 Madurez fisiológica

La semilla se considera fisiológicamente madura cuando su peso seco es máximo, lo que indica el final de la etapa de la fase de acumulación de reservas, que puede coincidir con la más alta germinación y vigor (Zavala, 2015).

1.7 Germinación

Se llama germinación al conjunto de procesos que se producen en la semilla desde que el embrión comienza a crecer hasta que se ha formado una pequeña planta que puede vivir por sí misma, independiente del alimento almacenado en la semilla. Para que tenga lugar la germinación tiene que reunirse una serie de condiciones, tanto en la semilla como en el ambiente que la rodea (Cuadra, 2006).

1.7.1 Etapas durante el proceso de germinación

a) Imbibición: es el período durante el cual la semilla absorbe (embebe) agua y se hincha. El agua que rodea a la semilla pasa a través de las envueltas seminales, penetra en su interior y al llegar al embrión, en cantidad suficiente, éste se activa y comienzan los procesos que terminarán en el desarrollo de la planta (Cuadra, 2006).

b) Digestión y transporte de alimentos: lo primero que necesita el embrión para comenzar a desarrollarse es alimento. Por ello libera enzimas digestivas que disuelven parte del alimento que es absorbido desde el tejido almacenador hasta el embrión. Gracias a esta alimentación el embrión puede respirar más rápidamente y crecer (Cuadra, 2006).

c) Elongación celular: las células embrionarias son pequeñas antes de la germinación y el primer crecimiento del embrión se debe a que sus células aumentan su tamaño y no a que se multipliquen. El embrión utiliza las proteínas, las grasas y los hidratos de carbono, digeridos y absorbidos desde el tejido de almacén de alimentos, para respirar y para alargar sus células. La multiplicación celular no comenzará hasta que no haya terminado este proceso de alargamiento celular (Cuadra, 2006).

d) Germinación visual: antes se dijo que durante la imbibición la semilla se hincha, lo que puede apreciarse a simple vista. También se vio que la semilla realiza posteriormente una serie de actividades internas importantes, ninguna de las cuales es directamente apreciable. Pero cuando tiene lugar la elongación celular podemos observar cómo el embrión se va abultando hasta que uno de los extremos del eje embrionario rompe las envueltas seminales y aparece claramente a nuestra vista, dándonos la primera señal palpable de que la semilla está germinando. El extremo del eje embrionario que aparece primero es el lado libre del hipocótilo, al que se llama radícula, que dará lugar a la raíz principal. Muy pronto aparecerá el otro extremo del eje embrionario o epicótilo que formará el primer brote (Cuadra, 2006).

1.7.1.1 Plántula

Es la pequeña y rudimentaria plantita, que posee ya su radícula y su primer brote, pero que aún se alimenta de las reservas nutritivas de la semilla. Rápidamente formará las primeras hojas, que podrán realizar la función clorofílica, y desarrollará pelos absorbentes en la raíz, a través de los que absorberá del suelo agua con sales minerales disueltas (Cuadra, 2006).

1.7.2 Tipos de Germinación

a) Germinación epigea: tipo de germinación en la que los cotiledones y el brote se llevan sobre el nivel del suelo por elongación del hipocótilo (ISTA, 2016).

b) Germinación hipogea: tipo de germinación en la que el cotiledón(s) o estructura comparable (por ejemplo, escutelo) permanece en el suelo y dentro de la semilla. El

brote se lleva sobre el nivel del suelo por elongación del epicótilo en las dicotiledóneas, o por el mesocótilo en algunas monocotiledóneas (ISTA, 2016).

1.8 Dormancia de las semillas

Define latencia como un estado fisiológico en el cual las semillas no germinan, aun en presencia de condiciones que normalmente favorecen al proceso germinativo. Por tanto, la dormancia es una característica cuantitativa controlada por factores nucleares, algunas veces maternas dependientes de la especie y el genotipo; además los factores ambientales pueden tener efectos significativos en la expresión fenotípica de la germinación y se conoce que estos interactúan con el genotipo (Navarro, 2022).

1.8.1 Causas que pueden originar la dormancia de semillas

1.8.1.1 Factores internos

La dormancia de las semillas y la germinación son reguladas por claves de desarrollo y factores ambientales. Los diferentes tipos de dormancia existen, sin embargo, el control de la germinación es con frecuencia una consecuencia de la interacción entre el potencial de crecimiento embrionario y la resistencia de sus tejidos circundantes. Varias hormonas vegetales están involucradas en este control entre ellas el Ácido Abscísico (ABA) y las giberelinas (GAs) (Guerrero, 2016).

1.8.1.1.1 Dormición impuesta por las cubiertas seminales

Los principales mecanismos por los cuales las cubiertas seminales imponen la dormición en las semillas son los siguientes:

a) Interferencia con la absorción de agua: La presencia de cubiertas impermeables, en mayor o menor grado, al agua es una de las causas más frecuentes de dormición de semillas. Solo cuando, con el transcurso del tiempo, vayan cediendo, de forma natural y progresiva, las causas de la impermeabilidad. La semilla podrá estar en condiciones de germinar. La presencia de cubiertas seminales impermeables al agua es una característica muy generalizada en ciertos géneros e incluso en ciertas familias de plantas. La familia leguminosa, por ejemplo, es una de las más conocidas en este sentido (Perez, 2006).

b) Interferencia con el intercambio gaseoso: Las diferentes capas de tejidos que rodean al embrión pueden limitar el intercambio gaseoso de éste con el exterior y dificultar así la entrada del oxígeno. Este hecho supone una interferencia con el proceso de respiración que puede llegar a dificultar e incluso impedir la germinación de la semilla (Pérez, 2006).

c) Presencia de inhibidores en las cubiertas seminales: Las hormonas vegetales juegan un importante papel en la germinación de las semillas: entre las hormonas promotoras de la germinación se destacan las giberelinas, mientras que entre las inhibidores destaca el Ácido Abscísico (ABA). La mayoría de los estudios realizados sobre el ABA, se han llevado a cabo mediante aplicaciones exógenas de esta hormona y solo en muy pocos casos se han podido correlacionar los niveles de ABA endógeno de las cubiertas o de otras partes de la semilla con los que determinan dormición. Por otra parte, se conocen diversas sustancias, además del ABA, que pueden inhibir la germinación de algunas semillas, como por ejemplo los compuestos fenólicos, muy frecuentes en las cubiertas de algunas semillas. Los inhibidores de la germinación pueden estar presentes en los tejidos internos de la semilla, además de en las cubiertas seminales, por lo que éstas pueden impedir o al menos dificultar la salida de estas sustancias; el embrión retendrá así un alto nivel de inhibidores, y la dormición se mantendrá (Pérez, 2006).

d) Restricciones mecánicas: En muchos casos las cubiertas seminales ejercen una verdadera restricción mecánica a la expansión de la radícula. La radícula, entonces, no es capaz de romper las cubiertas y emerger al exterior. Este hecho es muy frecuente en semillas denominadas "duras". Como son las semillas de numerosas especies de leguminosas. Frecuentemente, la escarificación por diferentes métodos de la cubierta seminal en la zona radicular elimina la restricción y permite la emergencia de la radícula (Pérez, 2006).

1.8.1.1.2 Dormición Embrionaria

En algunas semillas los embriones no se diferencian bien y se presentan al madurar como una masa de células. Otras plantas diferencian sus embriones hasta un grado más

elevado; sin embargo, al emprender la germinación se continúa el crecimiento y el desarrollo del embrión que logra alcanzar tamaños mayores. En ambos casos mencionados tiene lugar la dormancia que se debe a la inmadurez del embrión. A veces las semillas con este tipo de dormancia no germinan durante múltiples años bajo el régimen de temperaturas elevadas requiriendo, al contrario, las bajas para poder romper la latencia (Merola & Diaz, 2012).

1.8.1.2 Factores externos

Es importante destacar que existe un amplio rango de intensidades de latencia, que va desde la latencia absoluta, en la cual la germinación no se produce bajo ninguna condición, pasando por intensidades intermedias, donde las semillas pueden germinar en un rango de condiciones ambientales estrecho (por ejemplo, cuando se incuban a cierta temperatura), hasta el extremo donde no hay latencia, y las semillas pueden germinar en un amplio rango de condiciones ambientales. Es necesario tener en cuenta que la latencia es un proceso dinámico. La intensidad de la latencia se encuentra influenciada por varios factores ambientales como, la temperatura, la humedad y el ambiente gaseoso, y a medida que el grado de latencia disminuye se amplía el rango de condiciones ambientales que permiten la germinación (Varela & Arana, 2011).

El nivel de latencia varía con la procedencia de las semillas, con el año de cosecha y varía incluso dentro de un mismo lote de semillas, de manera que, en condiciones naturales, la emergencia de las plántulas ocurre en “pulsos” en un rango del espacio y el tiempo, lo que favorece el desarrollo de los nuevos individuos en ambientes ligeramente distintos, contribuyendo así las posibilidades de regeneración y supervivencia de la especie (Hartmann, 1988).

a) Suelo

La cantidad de nitrato acumulado en las semillas secas está directamente relacionado a la cantidad de nitrato en el suelo durante su desarrollo y determina el grado de su germinación (J. Derek Bewley, 1982).

b) Luz

La cantidad de luz, su distribución diaria y calidad espectral pueden tener una profunda influencia en el desarrollo de la dormancia. Efectos fotoperiódicos en el comienzo de la dormancia son muy conocidos en varias especies. No solo es el patrón de dormancia el que es afectado por el largo del día sino también la estructura de la semilla. Las mismas son más pequeñas y tienen la cubierta más gruesa cuando están madurando en días largos, comparadas con las que maduran en condiciones de día corto (J. Derek Bewley, 1982)

c) Temperatura

En muchas de las anuales estivales, el alivio de la dormancia ocurre durante un aumento en la amplitud térmica, con una disminución en la temperatura mínima requerida para germinar. Todas las especies de malezas tienen una temperatura mínima requerida para la germinación, y algunas especies responden positivamente a las fluctuaciones de temperatura para la germinación y el alivio de la dormancia (Soler, 2016).

1.8.2 Otras clasificaciones de dormancia

La dormición depende tanto de las características fisiológicas como de las características morfológicas de la semilla. Por ello, se ha propuesto una clasificación que incluye cinco tipos de dormición, fisiológica (DF), morfológica (DM), morfofisiología (DMF), física (Df) y combinatoria (DF + Df) (Mantilla, 2008).

a) Dormancia Fisiológica (DF)

La Dormancia Fisiológica (DF), es la más abundante en todo tipo de semillas y puede, a su vez, dividirse en no profunda y profunda según que el tratamiento con giberelinas sea o no efectivo, respectivamente para eliminarla (Mantilla, 2008).

Es la que viven muchos tipos de semillas que caen a tierra con el embrión perfectamente desarrollado y maduro y con sus envueltas externas totalmente permeables. Estas semillas requieren un período de tiempo después de ser arrojadas por la planta antes de poder germinar, y al conjunto de cambios que se producen en la semilla durante este período de tiempo se llama posmaduración. Las causas que

provocan este tipo de dormición son complejas y se deben a la fisiología de la semilla, es decir, al funcionamiento del metabolismo de la semilla (Cuadra, 2006).

b) Dormancia morfológica (DM)

La Dormancia Morfológica (DM) es ocasionada por la presencia de embriones rudimentarios, es decir por embriones que no se han desarrollado completamente. La dormición morfológica se debe a un defecto en el crecimiento del embrión, el cual permanece durmiente hasta que su desarrollo ha finalizado con éxito (Mantilla, 2008).

c) Dormancia morfofisiológica (DMF)

Si la dormición se debe a una anomalía en el desarrollo del embrión y a la intervención de un componente fisiológico, se denomina Dormancia Morfofisiológica (DMF); para eliminarla se necesita calor y estratificación en frío, aunque en algún caso puede ser efectivo solamente un tratamiento con giberelinas (Mantilla, 2008).

d) Dormancia física (Df)

La Dormancia física (Df), se debe a la impermeabilidad al agua, de las células del tejido en empalizada de la cubierta seminal, responsable del control del movimiento del agua de imbibición; las cubiertas seminales duras comprimen el embrión, que no suele ser durmiente, y le impiden germinar (así sucede en las Fabáceas *Melilotus* y *Trigonella*). Para provocar la germinación en semillas con Df es preciso proceder a la escarificación (rotura o ablandamiento) física o química, o ambas, de la cubierta (Mantilla, 2008).

e) Dormancia combinada

La Dormancia Fisiológica (DF) + la Dormancia física (Df) aparece en semillas con cubiertas duras y va acompañada de una dormición fisiológica del embrión.

Finalmente, y aunque no existen demasiadas pruebas experimentales, el tamaño del embrión parece ser determinante en la evolución de la dormición de las semillas en la escala biológica (Mantilla, 2008).

1.8.3 Calidad de la Semilla

El término “calidad” en la semilla se ha definido como el conjunto de características deseables, que comprende distintos atributos, referidos a la conveniencia o aptitud de la semilla para sembrarse (Intagri, 2016).

Según Intagri, (2016), al evaluar la calidad de las semillas se consideran la mayor parte de atributos deseables, distribuidos en cuatro componentes de calidad:

- a) **Calidad física.** Se refiere al grado de pureza física de la semilla; es decir, si existe o no la presencia de semillas de otros cultivos o malezas, materia inerte, así como la integridad de la semilla (semilla quebrada, tamaño y peso de la semilla). La evaluación de este componente es a través del conteo de semillas extrañas, contenido de humedad, peso volumétrico o peso de 1000 semillas. Se expresa como el porcentaje del peso que corresponde a la semilla de la especie, con respecto al peso total de la muestra de un determinado lote.
- b) **Calidad genética.** Consiste en determinar la autenticidad o fidelidad de las semillas de una determinada variedad con respecto a las características de la variedad liberada por el fitomejorador. La manera de evaluar este tipo de calidad es en base a un catálogo de descripción varietal en el que se describen las características agronómicas, morfológicas, fisiológicas y bioquímicas con las que fue liberada la variedad de interés.
- c) **Calidad fisiológica.** Evalúa la capacidad de la semilla para producir una nueva planta; es decir, la viabilidad, capacidad de germinación y vigor. Para evaluar la calidad fisiológica se emplean distintas pruebas para cuantificar el nivel de actividad de la semilla, como son: Pruebas de viabilidad con tetrazolio, prueba estándar de germinación y pruebas de vigor (peso seco, crecimiento de plántula, envejecimiento acelerado, conductividad eléctrica, entre otras). Este componente se expresa como el porcentaje de semilla fisiológicamente viable, con respecto al total de la muestra de un lote de semillas.
- d) **Calidad fitosanitaria.** Aquí se evalúa y determina la presencia o ausencia de

organismos patógenos causantes de enfermedades. El desarrollo de estos organismos dependerá de las condiciones climáticas, el manejo y presencia del inóculo, entre otras. Para determinar la presencia de patógenos en la semilla se utilizan: Exámenes directos, examen de embriones, pruebas de papel filtro, agar, crecimiento, pruebas serológicas, entre otras.

1.8.4 Poder Germinativo

Existen pruebas sencillas para el análisis de la calidad de las semillas y fáciles de realizar directamente. Una de ellas es la prueba de germinación. La germinación de una semilla en un análisis ISTA es el surgimiento y desarrollo de la plántula a una etapa en la que el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es o no es capaz de desarrollarse en una planta satisfactoria en condiciones favorables en el campo. El porcentaje de germinación informado en un certificado ISTA indica la proporción en número de semillas que han producido plántulas clasificadas como normales bajo las condiciones y dentro del periodo establecidos, es decir, el porcentaje de plántulas normales (ISTA, 2016).

a) Plántulas normales

Las plántulas normales muestran potencial de desarrollo continuo en plantas satisfactorias cuando se cultivan en tierra de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz (ISTA, 2016).

Para ser clasificada como plántula normal según el ISTA, (2016) una plántula debe cumplir con una de las siguientes categorías:

Plántulas intactas: plántulas con todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, proporcionadas y sanas.

Plántulas con defectos leves: plántulas que muestran ciertos defectos leves en sus estructuras esenciales, siempre que tengan un desarrollo satisfactorio y balanceado comparable al de las plántulas intactas del mismo análisis.

Plántulas con infección secundaria: plántulas en las que es evidente que habrían sido como una de los dos ejemplos anteriores pero que se han visto afectadas por hongos o bacterias procedentes de fuentes distintas a la semilla que le dio origen.

b) Plántulas anormales

Plántulas anormales no muestran el potencial de convertirse en una planta normal cuando se cultivan en tierra de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz (ISTA, 2016).

De acuerdo al (ISTA, 2016), las siguientes plantas se clasifican como anormales:

Dañadas: plántulas con cualquiera de sus estructuras esenciales ausentes o tan irreparablemente dañadas como para no esperar un desarrollo balanceado.

Deformadas o desbalanceadas: plántulas con desarrollo débil o con alteraciones fisiológicas o con sus estructuras esenciales deformadas o desproporcionadas.

Podridas: plántulas con cualquiera de sus estructuras esenciales enfermas o podridas por una infección primaria que impide un desarrollo normal.

c) Semillas no germinadas

De acuerdo al (ISTA, 2016), las semillas que no han germinado se las clasifica de la siguiente manera:

- **Semillas duras:** semillas que permanecen duras al final del periodo de análisis por no haber absorbido agua.
- **Semillas frescas:** semillas, distintas a las semillas duras que debido a la dormancia no han podido germinar en las condiciones del análisis de germinación, pero permanecen limpias y firmes y tienen el potencial de desarrollarse dando una plántula normal.
- **Semillas muertas:** semillas que al final del periodo de análisis no son ni duras ni frescas ni han producido ninguna parte de una plántula.
- **Otras categorías:** Las semillas no germinadas pueden subdividirse en:
semillas vacías: semillas que están completamente vacías o contienen sólo un

poco de tejido residual; semillas sin embrión: semillas que contienen endospermo fresco o tejido gametofítico en el que aparentemente no hay cavidad embrionaria ni de embriones; semillas dañadas por insectos: semillas que contienen larvas de insectos, excremento, o muestran otras evidencias de ataques de insectos que afectan la capacidad de la semilla para germinar.

1.8.5 Viabilidad

La viabilidad de las semillas es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento. La viabilidad de las semillas puede ser determinada a través de la prueba topográfica de tetrazolio. El ensayo topográfico de tetrazolio es una prueba bioquímica que puede ser utilizada para hacer una evaluación rápida de la viabilidad de las semillas: cuando las semillas deben sembrarse poco después de la cosecha; en semillas con profunda dormancia; en las semillas que muestran germinación lenta; o en los casos en que se requiera una estimación muy rápida del potencial de germinación. También se puede utilizar: para determinar la viabilidad individual de las semillas al final del análisis de germinación, especialmente si se sospecha que tienen dormancia (ISTA, 2016).

Una semilla viable debe mostrar una coloración en todos los tejidos cuya viabilidad es necesaria para el normal desarrollo de las plántulas. Dependiendo de la especie, pueden ser aceptadas pequeñas áreas no teñidas en algunas partes de estos tejidos. Para los propósitos del ensayo, una semilla viable debe mostrar por su actividad bioquímica el potencial de producir una plántula normal. Una semilla no viable muestra deficiencias y/o anomalías de naturaleza tal que se impida su desarrollo en una plántula normal. De acuerdo al ISTA, (2016) la evaluación de las semillas es de la siguiente manera:

a) Semillas viables son las que muestran el potencial de producir plántulas normales. Tales semillas están teñidas por completo, o si teñidas sólo en parte, los patrones de tinción indican que las estructuras esenciales están viables.

b) Semillas no viables son aquellas que no cumplen con estos requisitos y, además, incluye semillas que revelan poco su característica coloración y/o estructuras esenciales flácidas. Las semillas con el desarrollo obviamente anormal del embrión o

de otras estructuras esenciales, deben ser consideradas como no viables ya sean teñidas o no. La mayoría de las semillas contienen tejidos esenciales y no esenciales. Las estructuras esenciales son los meristemos y todas las estructuras reconocidas como necesarias para el desarrollo de plántulas normales. Semillas bien desarrolladas y diferenciadas pueden tener la capacidad para reparar pequeñas necrosis. En este caso, una necrosis superficial, de extensión limitada, puede ser tolerada, incluso dentro del tejido esencial.

1.8.6 Vigor

El vigor de la semilla no es una propiedad medible única sino un concepto que describe varias características asociadas con los siguientes aspectos del desempeño del lote de semillas:

- Velocidad y uniformidad de la germinación de la semilla y el crecimiento de las plántulas.
- Capacidad de emergencia de las semillas en condiciones ambientales desfavorables.
- Desempeño luego del almacenamiento, particularmente la conservación de la capacidad de germinar (ISTA, 2016).

1.9 Factores que afectan la calidad de la semilla

1.9.1 Edad de la semilla

Se ha señalado que la calidad de las semillas disminuye con el transcurso del tiempo y la tasa de deterioro depende de las condiciones ambientales durante el almacenamiento y el tiempo en que éstas permanecen almacenadas. El primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción en la germinación o de la producción de plántulas anormales, y finalmente la muerte de las semillas (Hernandez, 2010).

1.9.2 Tamaño de la semilla

La expresión de la calidad fisiológica de las semillas de diversas especies depende fundamentalmente de su tamaño. Se ha observado que el desarrollo inicial está gobernado por la cantidad de reservas, tamaño del embrión, cantidad de proteína y eficiencia de los sistemas enzimáticos que le confieren mayor velocidad de crecimiento (Hernandez, 2010).

1.9.3 Condiciones de almacenamiento

Las semillas que pueden secarse para reducir el contenido de humedad y almacenarse por largos períodos de tiempo se conocen como semillas ortodoxas. Como ejemplos se incluyen los granos de cereales y muchos tipos de semillas de hortalizas. Algunos bancos de semilla incluso congelan estas semillas para almacenarlas y preservarlas durante largo tiempo. Sin embargo, las semillas de algunas plantas, mueren si se secan y/o almacenan por cualquier cantidad de tiempo (ECHO, 2018).

1.9.4 Manejo del cultivo

La germinación de la semilla tiene lugar a valores óptimos de temperatura entre 18 y 24°C, y extremos entre 8.5 y 35°C requiriendo una integral térmica de 88°/día para la germinación completa, aunque hay notables diferencias entre cultivares (Nuez, 1995).

La preparación en el semillero tiene duración variable según el tamaño deseado, si el cultivo va a tener lugar en invernadero calefactado tiene lógica usar al máximo la plantación pues es más barato calentar el semillero donde la densidad de plantas es mucho más alta que en el invernadero donde transcurrirá su ciclo (Nuez, 1995).

1.9.5 Dormancia de la semilla

La dormancia constituye un estado que presentan las semillas, en el cual no germinan mientras sus embriones no sufran una serie de cambios fisiológicos y químicos previos (Hernandez, 2010).

La dormancia tiene algunas desventajas ya que son necesarios periodos largos para que un lote de semillas la supere, la germinación se distribuye en el tiempo, contribuye a la longevidad de las plantas invasoras, interfiere con los programas de siembra y presenta problemas para evaluar la calidad de las semillas (Condori, 2019).

1.9.6 Certificación de semillas

La certificación de semillas ofrece certidumbre al agricultor, garantizando la calidad física, genética, sanitaria y fisiológica de las semillas, dándole al consumidor una evidencia sobre el insumo que está adquiriendo por medio de un certificado de calidad (etiqueta de certificación) (SNICS, 2017).

1.10 Reglas Internacionales para el análisis de las semillas-International Seed Testing Association (ISTA)-Reglas ISTA

La International Seed Testing Association (ISTA) se estableció en 1924 para dar una visión de uniformidad en los análisis de semillas a nivel internacional. La misión actual de la ISTA es desarrollar, adaptar y publicar los procedimientos estándar para muestreo y análisis de las semillas, así como promover la aplicación uniforme de estos procedimientos para la evaluación de semillas objeto de comercio internacional. Por lo tanto, es una necesidad básica de los métodos de análisis de semillas que sean fiables y reproducibles entre los laboratorios miembros acreditados de la ISTA. Esto se logra a través de la publicación de las Reglas Internacionales para el análisis de las semillas (en lo sucesivo “Reglas ISTA”). El objetivo principal de las Reglas ISTA es proporcionar métodos de prueba para las semillas designadas para el desarrollo de cultivos o la producción de plantas. Además, la mayoría de los métodos de prueba también se pueden aplicar para la evaluación de la calidad de las semillas utilizadas como alimentos o para usos técnicos.

Los métodos de muestreo de las semillas y los análisis de la ISTA han sido desarrollados por sus miembros desde su creación en 1924. Los métodos han pasado por los estudios de validación apropiadas para asegurar que los procedimientos de ensayo den resultados confiables y reproducibles. A raíz de los acuerdos firmados entre los países miembros de ISTA, los reglamentos validados se han incluido en las Reglas ISTA. Por lo tanto, los análisis de calidad de las semillas requieren métodos de ensayo y equipos que se han probado para garantizar que sean aptos para el propósito, es decir, validadas. El Programa de Validación del Método de la ISTA, proporciona el mecanismo para la inclusión de los métodos de análisis en las Reglas ISTA. La semilla

es un producto biológico vivo y su comportamiento no se puede predecir con la certeza que caracteriza un análisis de material inerte o no biológico. Las Reglas ISTA contienen 19 capítulos, 17 de los cuales proporcionan métodos de análisis internacionalmente aceptados para diversas características de calidad de las semillas (ISTA, 2016).

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

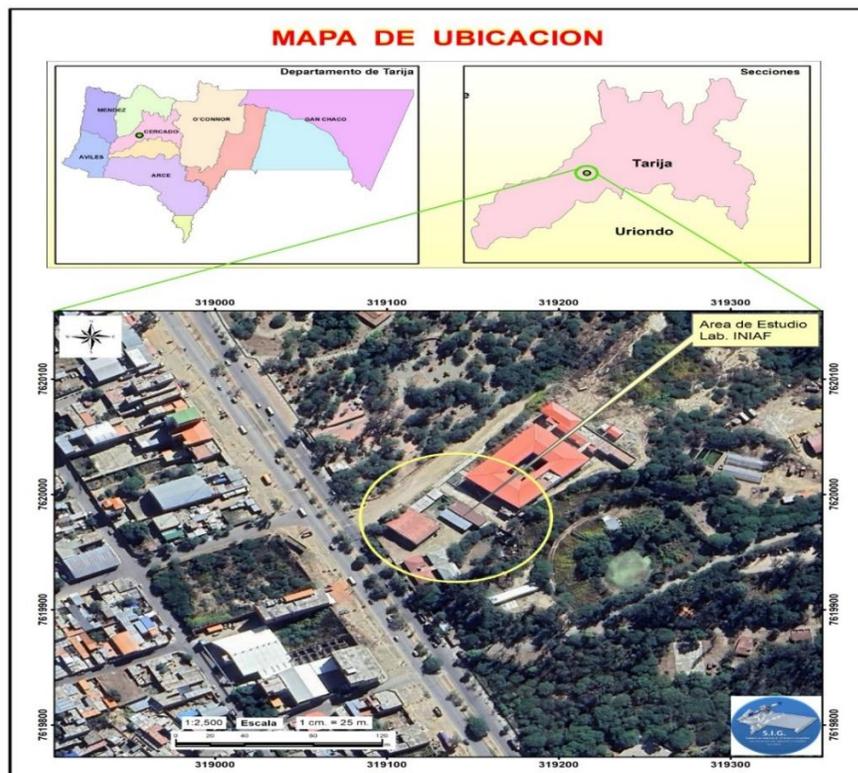
2.1 Localización

2.1.1 Ubicación del Estudio

El presente trabajo de investigación se efectuó en el laboratorio de semillas perteneciente al INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal) ubicado en la ciudad de Tarija en el kilómetro 2.5 carretera a Tomatitas en la provincia Cercado, en el departamento de Tarija situado al sur de Bolivia. La oficina del INIAF tiene las siguientes coordenadas geográficas: latitud sur $21^{\circ}51' 51''$ Sur, y longitud oeste $64^{\circ}74'58''$.

Ilustración 1: Mapa de ubicación de la oficina del INIAF

Mapa de ubicación del laboratorio del INIAF



Fuente: (SIG, 2024)

Ilustración 2: Lugar de almacenamiento de los seis genotipos de *Lycopersicon esculentum* Mill.

Lugar de almacenamiento de los seis genotipos de *Lycopersicon esculentum* Mill.



Fuente: Google (Maps, 2024)

2.1.2 Ubicación Geográfica

El laboratorio de Semillas del INIAF se encuentra dentro de la provincia Cercado del Departamento de Tarija, tiene una extensión de 2.074 Km² de superficie. Se halla rodeada al noroeste por la provincia Méndez, al este por la provincia O'Connor, al sur por la provincia Arce y al suroeste por la provincia Avilés.

Geográficamente el INIAF se encuentra ubicado entre las coordenadas, latitud sur 21°51' 40" Sur, y longitud oeste 64°74'61". del departamento de Tarija.

Provincia Cercado

Departamento: Tarija Provincia: Cercado

Municipio: Tarija

Latitud: 21° 31' 54" Longitud: 64° 43' 52"

2.2 Aspectos físicos de la Provincia Cercado

2.2.1 Clima

El departamento de Tarija presenta un clima templado en la región oeste y un clima seco y cálido en la región del Chaco. La temperatura promedio oscila entre los 14 y 27 grados centígrados. En ciertas temporadas, el territorio de Tarija es surcado por vientos fríos del sur que producen descensos bruscos de temperatura. Estos vientos son conocidos como “surazos” (SENAHMI).

2.2.2 Temperatura

En el valle central de Tarija la temporada templada dura 4,2 meses, del 30 de septiembre al 7 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 24.6 °C. El mes más cálido del año en Tarija es diciembre, con una temperatura máxima promedio de 28.4 °C y mínima de 16 °C. (SENAHMI).

2.2.3 Precipitación

La temporada más seca dura 7,9 meses, del 23 de marzo al 19 de noviembre. El mes con menos días mojados en Tarija es junio, con un promedio de 5,6 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación (SENAHMI).

2.2.4 Suelo

En el valle central de Tarija los suelos varían de franco arcilloso y arenoso con presencia de grava, dentro de los cuales podemos diferenciar dos áreas. El primero con diferentes grados de erosión, donde la vegetación queda reducida a especie que son utilizadas como pastoreo de ganado, la segunda área que se utiliza para la agricultura, ubicada generalmente en las riberas del río.

2.2.5 Viento

Se presenta vientos débiles a moderados de dirección variable de origen local; el régimen normal de vientos en la provincia Cercado, que corresponde en gran parte al Valle central de Tarija, está determinado por el ingreso de masas de aire denso a través de la fractura geológica de la Angostura, razón por la cual, la intensidad, así como la

dirección predominante se modifica al distribuirse tanto hacia el norte como al sur de este punto de referencia.

2.2.6 Humedad

La humedad relativa califica de moderada, con un promedio de 62 por ciento, sobrepasando el 60 por ciento durante los meses de diciembre a abril. Una de las características interesantes con respecto a la humedad es la presencia de masas de aire húmedo y frío en algunos días de la estación de invierno que, acompañados de vientos, dan origen a una sensación térmica diferente a la observada en los termómetros.

2.2.7 Vegetación

La vegetación de la zona del valle central de Tarija está compuesta por plantas frutales, de jardín presencia de gramíneas, arbustos y árboles formando estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos, a lo largo de las quebradas, ríos, torrentes y algunas laderas. También se cuenta con algunas especies implantadas como eucalipto, pinos.

2.2.8 Actividad Económica

Actividad económica de mayor predominancia es el cultivo de la vid, con relación a las demás actividades agrícolas, luego están los frutales de caroso y algunas hortalizas y cultivos tradicionales para el autoconsumo, y el ganado vacuno para la lechería.

2.2.9 Variedades de Estudio

❖ AVTO 1007

Esta variedad se caracteriza de tipo pera con una consistencia semidura, el color de la piel o cáscara es verde rosado, su carnosidad es de color rojo, es resistente al transporte.

❖ RENACER

Tomate tipo pera, son adaptables a los cambios climáticos, y tiene un ciclo más corto con mayores rendimientos.

Maduración: 100-110 ddt.

Peso fruto: 180-200 g.

Forma del fruto: Redondo cuadrado.

Estación recomendada: Primavera, otoño.

❖ RIO GRANDE

Variedad de polinización abierta con buen vigor y cobertura de follaje. Alto rendimiento y buena respuesta del fruto a transporte. Se adapta a las principales zonas productoras de Bolivia, tanto en época alta como en otoño-invierno.

Maduración: 90-100 ddt.

Peso fruto: 75- 85 g.

Forma del fruto: Perita –Ovalado.

Estación recomendada: Primavera, otoño.

❖ LIA

Tomate tipo Roma, frutos firmes, madurez intermedia, de crecimiento determinado.

Maduración: Intermedia.

Habito de crecimiento: Determinado.

Peso fruto: 120-160 g.

Forma de fruto: Ovalado.

Estación recomendada: Primavera, otoño.

❖ **L – 17**

Tomate tipo pera oblongo, Crecimiento semideterminado, son adaptables a los cambios climáticos, muy buena firmeza, bajo contenido de agua, ciclo semiprecóz – semitardío, maduración escalonada, resistencia a Virus del Bronceado del Tomate (TSWV).

❖ **112-12-7**

Tomate determinado tipo Roma para el mercado fresco. Variedad temprana de rendimiento normal, con calidad normal de fruto. Larga vida en anaquel, excelente firmeza y color.

Maduración: temprana a media 65 -70 ddt.

Habito de crecimiento: determinado.

Peso fruto: 145 – 175 g.

Forma de fruto: Cilíndrica elongada.

Estación recomendada: Invierno – verano.

2.3 Materiales

2.3.1 Material Vegetal

Genotipos

1. AVTO 1007.
2. 112 -12-7.
3. Renacer.
4. Rio Grande.
5. Lia.
6. L- 17.

2.3.2 Material de Campo

- Cuaderno de campo.
- Sobres de campo.
- Bolígrafo.
- Celular.

2.3.3 Materiales de Laboratorio

a) Equipo de Laboratorio

- Balanza de precisión.
- Homogeneizador.
- Determinador de humedad DICKEY Jhon.
- Cámara de Germinación.
- Lupa binocular.
- Microscopio.

b) Materiales

- Cajas Petri.
- Papel toalla.
- Agua destilada.
- Formularios de registro.
- Guantes de látex.
- Pinzas.
- Tijera.
- Barbijo.
- Mandil de laboratorio.

2.3.4 Materiales de Gabinete

- Computadora.
- Hojas de papel.
- Calculadora.

- Bolígrafo.
- Planillero.

2.4 Metodología

El trabajo de investigación fue descriptivo y explicativo, que contó con las siguientes etapas: la etapa de campo, etapa laboratorio y la etapa en gabinete.

2.4.1 Etapa de campo

2.4.1.1 Provisión de semilla

Las muestras vegetales de semillas de seis genotipos de tomate fueron provisionadas desde campo y trasladadas al programa Hortalizas dependiente del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) de la ciudad de Tarija, para su evaluación.

2.4.1.2. Semilla germinada

La germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla (imbibición) y finaliza con el comienzo de la elongación de la radícula. En laboratorio, la posterior rotura de las cubiertas seminales por la radícula es el hecho que se utiliza para considerar que la germinación ha tenido lugar.

En el tomate se considera semilla germinada tomando como criterio la germinación biológica, que es cuando emerge la radícula en tamaño de 3 a 5 mm. según la normativa ISTA.

2.4.3. Etapa de laboratorio

Esta etapa se inició con la recepción de las muestras de laboratorio, se registraron los datos de la muestra de semillas en planillas del laboratorio, en donde se anotó el número de análisis que se llevará a cabo, fecha de recepción y nombre de cada especie de seis genotipos de semilla de tomate.

2.4.3.1. Evaluación de la calidad física de la semilla

Se realizó en base a los caracteres morfológicos de la semilla para la evaluación del parámetro física y fisiológica.

- **Intervalos de tiempo para los análisis de calidad física**

Tabla 2: intervalos de tiempo para los análisis de calidad física

Intervalos de tiempo y número de análisis	Fecha de inicio de análisis
1° análisis-15 días	27 de febrero
2° análisis-15 días	13 de marzo
3° análisis-15 días	30 de marzo

Fuente: Elaboración propia

Se determinó los análisis por un intervalo de tiempo de 15 días ya que estos están contemplados según las normas ISTA para los análisis de certificación de semilla en tomate.

2.4.3.1.1. Calidad física de la semilla

Se determinó en base a las normas ISTA, en intervalos de tiempo y número de análisis.

Variables a evaluar

2.4.3.1.1.1. Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad de las semillas es la cantidad de agua contenida en ellas expresadas en porcentajes en función de su peso húmedo.

Para obtener el porcentaje del contenido de humedad se procedió a obtener los pesos de semillas de cada muestra, para luego emplear la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{p1 - p2}{p1} \times 100$$

2.4.3.1.1.2. Análisis de pureza

La pureza física es una caracterización que refleja la composición física o mecánica de un lote de semilla, indica que cantidad del material es semilla pura.

El análisis se realizó aplicando todo el procedimiento sobre el análisis de pureza en semillas según el ISTA.

$$\% \text{ de Pureza} = \frac{\text{Peso semilla pura}}{\text{peso total de la muestra}} \times 100$$

Se pesó 15 gr. de semilla de la muestra mínima de 150 gr. para laboratorio, la cual será la muestra del trabajo mínima para el análisis de pureza, como lo indica las reglas ISTA.

2.4.3.1.1.3. Determinación del peso de 1000 semillas

Se pesó cuatro repeticiones de 100 semillas de la semilla pura del ensayo de pureza. Se anotó los pesos para el cálculo correspondiente, después se procedió a sacar el peso medio de 1000 semillas, es decir se sumarán los pesos y el total se divide por el número de repeticiones.

Para obtener datos más precisos, se realizará el cálculo de varianza con la siguiente fórmula: (Isabel Aguilar, 2015).

Varianza:

$$S^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n - 1)}$$

Donde:

n: número de repeticiones.

x: peso de cada repetición en gramos.

\sum : sumatoria.

Desviación estándar:

$$S = \sqrt{\text{varianza}}$$

Coefficiente de variación:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

El cálculo de variación permitió tener un parámetro para conocer la confiabilidad de los datos.

Luego se procedió a calcular finalmente el peso de mil semillas con la siguiente formula del peso de mil semillas.

$$\text{Peso de 1000 semillas} = \frac{\Sigma \text{ del peso de 100 semillas}}{\text{Número de repeticiones de 100 semillas}} \times 10$$

Σ : sumatorio total del peso de 100 semillas

2.4.3.1.1.4. Determinación del Número de semillas por kg

Se pesó 4 repeticiones de 100 semillas al azar, y con la siguiente formula se calculó el número de semillas por kg.

$$\text{Número de semillas/kg} = \frac{\text{Número de semillas puras en la muestra}}{\text{Gramos de semillas puras en la muestra}} \times 1000$$

2.4.3.2. Evaluación de la tasa de Germinación**2.4.3.2.1. Análisis del porcentaje y la velocidad de Germinación**

Fueron 3 análisis con un intervalo de 15 días con un régimen de temperatura de 25 grados, el cual se llevó a cabo según el procedimiento establecido por las reglas ISTA.

Para el tomate el primer conteo fue a los 5 días de germinación, luego el conteo cada 3 días hasta conteo final al día 14, el día 15 fue la cosecha y tabulación de datos.

Variables a evaluar**2.4.3.2.2. Determinación del porcentaje de germinación de las semillas**

Cada análisis de germinación consistió en:

De la fracción de semilla pura, se obtendrá 400 semillas distribuidas en 4 réplicas de 100 semillas repartidas en 4 cajas Petri, se llevó a cabo la siembra en un medio de crecimiento sobre papel, para lo cual se desinfecto el sustrato papel con agua y con hipoclorito de sodio, luego se colocó dos capas de papel en cada caja Petri, después se distribuyó las cien semillas en cada caja Petri, y por último se tapa todas las cajitas Petri, estas se las llevará a la cámara de germinación por 15 días monitoreando cada día.

Posteriormente culminados los 15 días en la cama de germinación, se calculó el porcentaje de germinación con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Germinación} = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}} \times 100$$

2.4.3.2.2.1. Determinación de patógenos en las semillas germinadas

La sanidad de semillas se refiere a la presencia o ausencia de microorganismos patógenos, los cuáles pueden estar presentes en las semillas, siendo estos visibles o no. Para el análisis de patógenos en semillas germinadas consistió en:

- Se evaluó la presencia de patógeno en semillas de 6 genotipos de tomate donde consistió en colocar las semillas previamente desinfectadas en papel absorbente húmedo, el cual se rego con agua estéril para mantener las semillas húmedas, a temperatura de 25 grados para el tomate.
- Se procedió a analizar las semillas germinadas de los seis genotipos de estudio las cuales estaban distribuidas en cada caja Petri.
- El número de semillas infectadas se contabilizo al cumplir cada 5 días de germinación, alcanzando los 5 mm. de tamaño de la radícula como semilla ya germinada hasta cumplir los 15 días del análisis
- La identificación se realizó a través de la observación de las estructuras fúngicas del patógeno, en microscopio óptico y comparando con las características descritas en la literatura específica al patógeno que se vaya a observar.

Mediante el análisis sanitario de semillas se buscó detectar la presencia de patógenos, ya que estos patógenos reducen la calidad, afectando la germinación, el establecimiento de plántulas y el desarrollo normal de las mismas.

2.4.3.2.2.2. Determinación de la velocidad de germinación en número medio de días para germinar

La velocidad de germinación se determinó utilizando la fórmula de (Parizot, 1988):

$$\text{Número medio de días} = \frac{N_1T_1 + N_2T_2 \dots \dots + N_nT_n}{N_1 + N_2 + \dots \dots N_n}$$

Donde:

N_1 = número de semillas germinadas durante el tiempo T_1 .

N_2 = número de semillas que hayan germinado entre el intervalo de tiempo T_1 y T_2 .

2.4.3.2 Determinación del factor de correlación del porcentaje de germinación entre los genotipos de estudio

Las variables a evaluar, con su respectivo análisis son las siguientes:

2.4.3.2.1 Factor de correlación de Pearson

Dados los resultados estadísticos del porcentaje de germinación en el establecimiento de las diferencias significativas se procedió a determinar el grado de correlación que existirá de un genotipo a otro si es muy alta, alta, moderado, baja, muy baja y nula.

Las correlaciones se calcularon utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Tales correlaciones constituyen en una medida de la magnitud de la asociación lineal entre 2 variables sin considerar causa y efecto entre ellas independientemente de las unidades.

La fórmula del coeficiente de correlación de Pearson es la siguiente: (Fiallos, 2021).

$$r_{xy} = \frac{\sum z_x z_y}{N}$$

Donde:

x = es igual a la variable número uno.

y = pertenece a la variable número dos.

zx = es la desviación estándar de la variable uno.

zy = es la desviación estándar de la variable.

N = es el número de datos.

- **Tabla de interpretación del coeficiente “ r ” de Pearson**

Tabla 3: interpretación del coeficiente “ r ” de Pearson

r	Grado de Correlación
1	Correlación perfecta
0.80 – 0.99	Correlación muy alta
0.60 – 0.79	Correlación alta
0.40 – 0.59	Correlación moderada
0.20 – 0.39	Correlación baja
0.01 – 0.20	Correlación muy baja
0	Correlación nula

Fuente: Elaboración propia

El valor del estadístico “r” de Pearson que se obtenga demostró si existe correlación muy significativa o significativa, por lo que se podrá afirmar al 95 % de confianza que en el ámbito de estudio hay una correlación positiva baja o correlación negativa baja entre el porcentaje de germinación del genotipo 1 y el genotipo 2, porque el valor de nivel de significancia que se requiera estará por encima o debajo de lo requerido en estudio.

2.5. Etapa de gabinete

Para el análisis de los datos se llevó a cabo los siguientes análisis estadísticos.

2.5.3.1. Análisis estadísticos

Se utilizó la estadística descriptiva para el análisis de datos obtenidos para la calidad física y fisiológica en cada intervalo de tiempo, se realizó el siguiente estadístico que se detalla a continuación:

Varianza:

$$S^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n - 1)}$$

Desviación estándar:

$$S = \sqrt{\text{varianza}}$$

Coefficiente de variación:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

2.5.3.2. Prueba estadística

Se utilizó la prueba de t de Student para la evaluación e interpretación de los resultados (Serrano, 2016).

$$tc = \frac{X_1 - X_2}{Sx_1 - x_2}$$

$$Sx_1 - x_2 = \sqrt{\left(\frac{S_p^2}{n_1}\right) + \left(\frac{S_p^2}{n_1}\right)}$$

$$S_p^2 = \frac{v_1 S_1^2 + v_2 S_2^2}{v_1 + v_2}$$

n_1 = *número de muestras de la población 1.*

n_2 = *número de muestras de la población 2.*

v_1 = *grados de libertad de la población 1 $\neq (n - 1)$.*

v_2 = *grados de libertad de la población 2 $\neq (n - 1)$.*

X_1 = *media de la población 1.*

X_2 = *media de la población 2.*

S_1^2 = *varianza de la población 1.*

S_2^2 = *varianza de la población 2.*

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.CALIDAD FÍSICA DE LA SEMILLA DE SEIS GENOTIPOS DE TOMATE
(Lycopersicon esculentum Mill.)

Tabla 4: Atributos de calidad física de la semilla genotipo VAR. RÍO GRANDE

ANÁLISIS	Intervalos de tiempo (Días)	% de Humedad	% de Pureza	Peso de 1000 semillas(gr)	Número de semillas por kg
1	15	8.4	99.98	2.67	374,531
2	15	8,7	99.98	2,61	383,142
3	15	8.1	99.98	2,73	366,300

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Atributos de calidad física de la semilla genotipo VAR. LIA

ANÁLISIS	Intervalos de tiempo (Días)	% de Humedad	% de Pureza	Peso de 1000 semillas(gr)	Número de semillas por kg
1	15	8,7	99.96	2,26	442,478
2	15	9.2	99.96	2,34	427,350
3	15	7,6	99.96	2,31	432,900

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Atributos de calidad física de la semilla genotipo VAR. AVTO 1007

ANÁLISIS	Intervalos de tiempo (Días)	% de Humedad	% de Pureza	Peso de 1000 semillas(gr)	Número de semillas por kg
1	15	8,3	99.97	2,38	420,168
2	15	8,6	99.97	2,35	425,532
3	15	7,5	99.97	2,44	409,836

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Atributos de calidad física de la semilla genotipo VAR. RENACER

ANÁLISIS	Intervalos de tiempo (Días)	% de Humedad	% de Pureza	Peso de 1000 semillas(gr)	Número de semillas por kg
1	15	6,8	99.99	2,75	363,636
2	15	6.1	99.99	3,12	320,513
3	15	6.6	99.99	2,93	341,297

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Atributos de calidad física de la semilla genotipo VAR. L – 17

ANÁLISIS	Intervalos de tiempo (Días)	% de Humedad	% de Pureza	Peso de 1000 semillas(gr)	Número de semillas por kg
1	15	8,5	99,98	2,44	409,836
2	15	7,7	99.98	2,40	416,667
3	15	8,1	99.98	2,52	396,825

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Atributos de calidad física de la semilla genotipo VAR. 112 – 12 – 7

ANÁLISIS	Intervalos de tiempo (Días)	% de Humedad	% de Pureza	Peso de 1000 semillas(gr)	Número de semillas por kg
1	15	8,5	99.98	2,85	350,877
2	15	8.3	99.98	2,89	346,021
3	15	8,7	99.98	2,76	362,319

Fuente: Elaboración propia

Al respecto Carbajal (2012), indica que el contenido de humedad de las semillas es la cantidad de agua contenida en ellas, expresada en porcentaje en función de su peso húmedo. La humedad ejerce una gran influencia sobre el desempeño de las semillas en

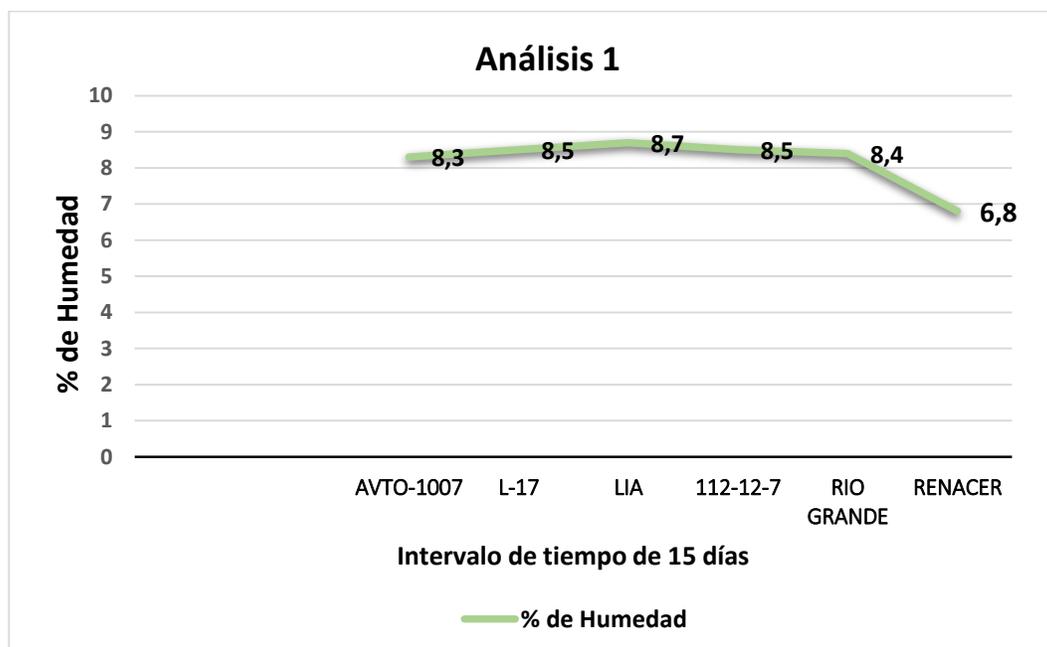
varias situaciones: El punto de cosecha para la mayoría de las especies es determinado en función del contenido de humedad de la semilla.

También indica que la pureza física es una característica que refleja la composición física o mecánica de un lote de semillas. A través de este atributo se tiene la información del grado de contaminación del lote, con semillas de plantas dañinas, de otras variedades y la cantidad de material inerte (Carbajal, 2012).

El INIAF (2022), señala que el Peso de 1000 semillas es una característica utilizada para informar el tamaño y el peso de la semilla. Como la siembra se realiza ajustado la máquina para colocar un determinado número de semillas por metro, conociendo el peso de 1000 semillas y por consiguiente el número de semillas por kg.

Por lo cual se determinó los distintos atributos de calidad física de la semilla de tomate de los seis genotipos en diferentes intervalos de tiempo de 15 días, los cuales se desglosaron en las tablas para cada genotipo de estudio.

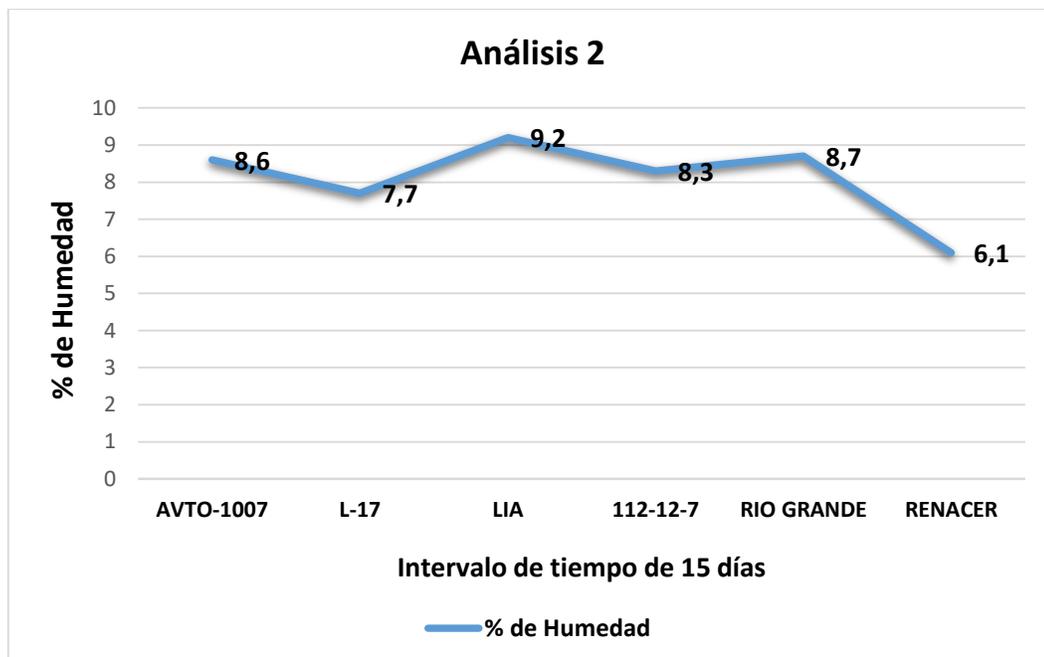
Figura 1: Porcentaje de humedad de la semilla de seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en diferentes intervalos de tiempo



Fuente: Elaboración propia

Se observó una variación en el porcentaje de humedad, esta fue entre 6,8% del genotipo RENACER y 8,7% del genotipo LIA, en el tiempo que se realizaron todos los análisis de calidad física, los genotipos L-17, 112-127 y LIA en el primer análisis se puede observar un ligero aumento, respecto al porcentaje de humedad más bajo obtenido.

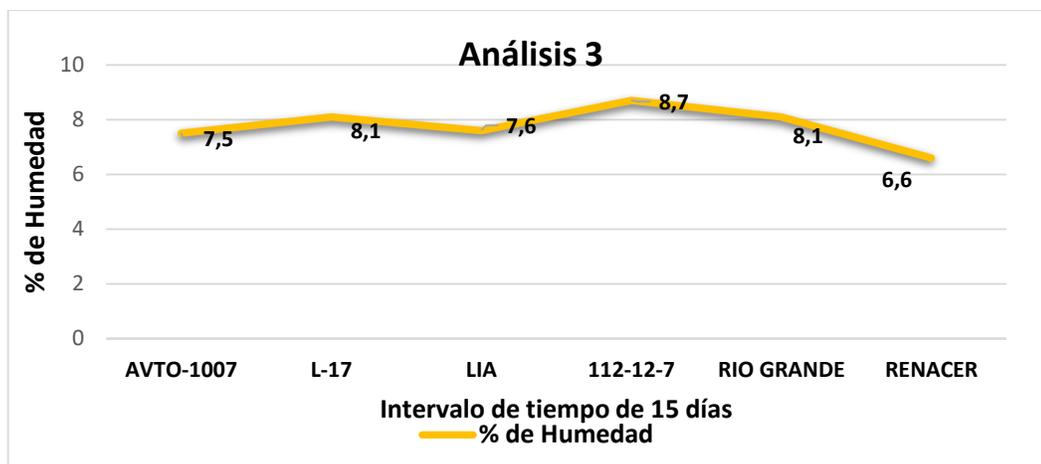
Figura 2: Porcentaje de humedad de la semilla de seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Análisis 2



Fuente: Elaboración propia

Se observó una variación en el porcentaje de humedad, esta fue entre 6,1% del genotipo RENACER y 9,2% del genotipo LIA, en el tiempo que se realizaron todos los análisis de calidad física, los genotipos AVTO-1007 y LIA en el segundo análisis se puede observar un ligero aumento, respecto al porcentaje de humedad más bajo obtenido.

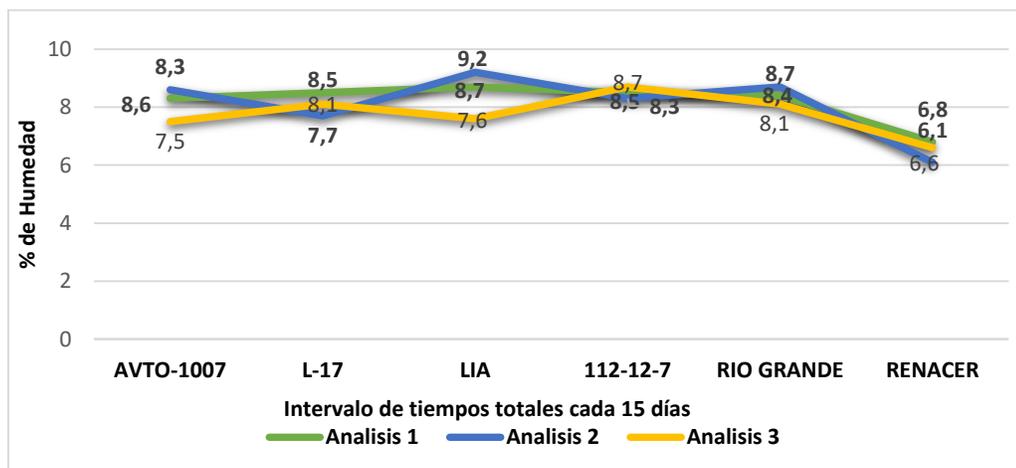
Figura 3: Porcentaje de humedad de la semilla de seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Análisis 3



Fuente: Elaboración propia

Se observó una variación en el porcentaje de humedad, esta fue entre 6,6% del genotipo RENACER y 8,7% del genotipo 112-12-7, en el tiempo que se realizaron todos los análisis de calidad física, los genotipos RÍO GRANDE, L-17 y 112-12-7 en el tercer análisis se puede observar un ligero aumento, respecto al porcentaje de humedad más bajo obtenido.

Figura 4: Porcentaje de humedad de la semilla de seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en los tres análisis



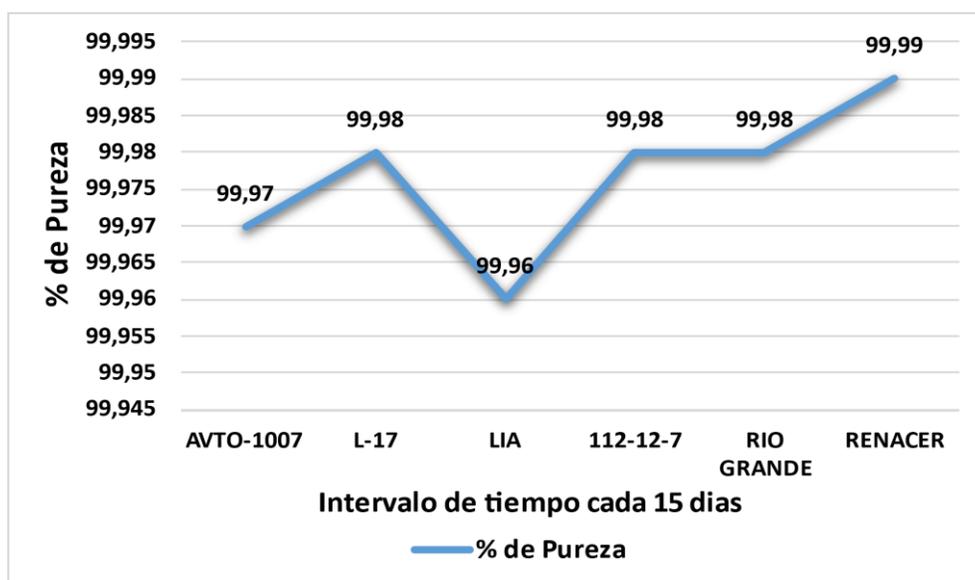
Fuente: Elaboración propia

Se puede observar los porcentajes de humedad en los tres análisis de distintos tiempos de 15 días, lo que muestra que el análisis uno es el más constante lineal en cuanto los porcentajes de humedad de los seis genotipos.

Factores Físicos que afectan al Grano Almacenado (2008), indica que el grano es un producto higroscópico, la humedad del ambiente (humedad relativa) y la temperatura afectan su contenido de humedad. Por lo que se atribuye que el aumento del porcentaje de humedad de la muestra en los tres análisis se debe al aumento del porcentaje de Humedad Relativa (HR) y la propiedad higroscópica de la semilla.

Así que de acuerdo a los requisitos en laboratorio que establece la Norma Nacional sobre Semillas, el porcentaje de humedad de la semilla no debe exceder el 10%, en el tiempo que se llevó a cabo el trabajo la semilla cumplió con este requisito.

Figura 5: Porcentaje de pureza de las semillas de los seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)



Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes de pureza obtenidos en cada intervalo de tiempo de 15 días, variaron entre 99,96 y 99,99%, Según La Norma Nacional sobre Semillas de Especies Agrícolas NNSEA (2021), establece un porcentaje del 98% de pureza como mínimo y un máximo

de 2% de materia inerte, la semilla de los seis genotipos de tomate cumplió con los requisitos de laboratorio para llevar a cabo el análisis de calidad física y fisiológica de la semilla.

Tabla 10: Patógenos presentes en la semilla de seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en diferentes intervalos de tiempo

INTERVALOS DE TIEMPO (DÍAS)	REPLICAS	PRESENCIA DE PATÓGENOS (Si/No)	TIPO DE PATÓGENO	PORCENTAJE DE AFECTACIÓN (%)	OBS.
15 DÍAS	AVTO-1007	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	L-17	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	LIA	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	112-12-7	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	RÍO GRANDE	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	RENACER	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
15 DÍAS	AVTO-1007	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	L-17	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	LIA	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	112-12-7	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla

INTERVALOS DE TIEMPO (DÍAS)	REPLICAS	PRESENCIA DE PATÓGENOS (Si/No)	TIPO DE PATÓGENO	PORCENTAJE DE AFECTACIÓN (%)	OBS.
	RÍO GRANDE	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	RENACER	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
15 DÍAS	AVTO-1007	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	L-17	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	LIA	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	112-12-7	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	RÍO GRANDE	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla
	RENACER	No	Ninguno	0%	Buen estado de la semilla

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra el análisis fitosanitario de las semillas de 6 genotipos de tomate evaluando la presencia o ausencia de patógeno en cuatro replicas por cada genotipo en 3 análisis de 15 días. Se realizó si las semillas presentaban infecciones fúngicas o bacterianas. Según Ramiro (2018), menciona que, en primer caso se dice que la contaminación es externa y la semilla únicamente `transporta' el agente patógeno, mientras que en el segundo caso hay verdadera `transmisión'. Por lo cual los resultados de las semillas de los seis genotipos de tomate en su momento de extracción, la semilla fue transportada y almacenada lo más cuidadosamente lo cual indica que en los distintos análisis la semilla se encuentra en buen estado, sin presencia de patógenos visibles

que no se observó en todo el proceso de la investigación.

3.2.CALIDAD FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA DE SEIS GENOTIPOS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

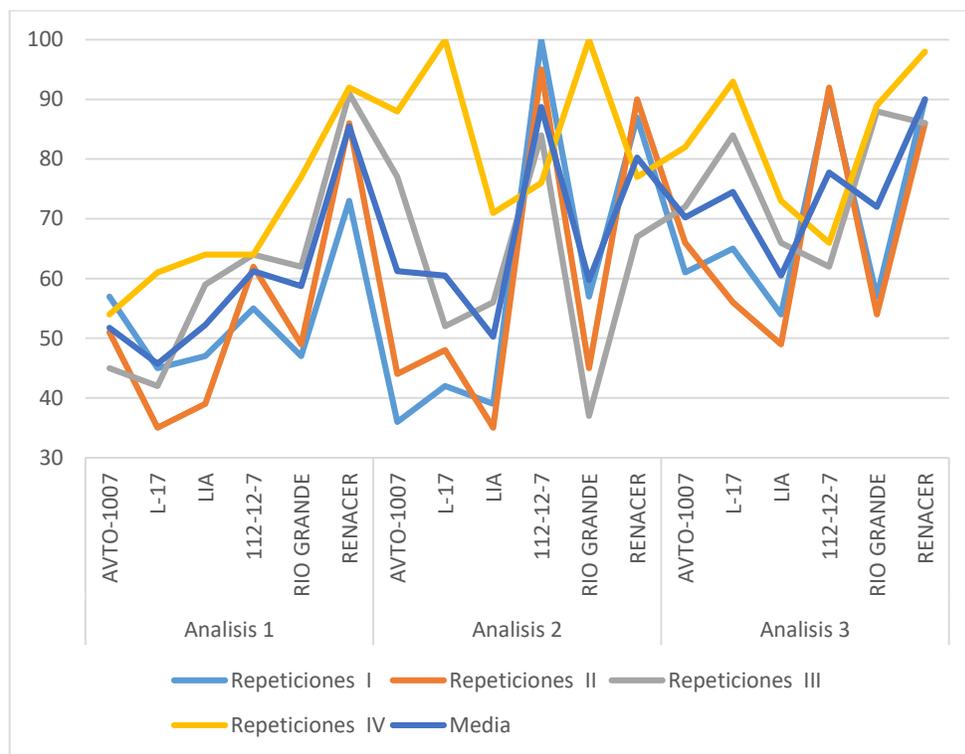
3.2.1. Determinación del porcentaje de germinación de la semilla de seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Tabla 11: porcentaje de germinación de la semilla de seis genotipos de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) en diferentes intervalos de tiempo

Tratamientos Intervalos de tiempo (Días)	Genotipos	Repeticiones				Media
		I	II	III	IV	
Análisis 1 (15 días)	AVTO-1007	57	51	45	54	51.75
	L-17	45	35	42	61	45.75
	LIA	47	39	59	64	52.25
	112-12-7	55	62	64	64	61.25
	RÍO GRANDE	47	49	62	77	58.75
	RENACER	73	86	91	92	85.5
Análisis 2 (15 días)	AVTO-1007	36	44	77	88	61.25
	L-17	42	48	52	100	60.5
	LIA	39	35	56	71	50.25
	112-12-7	100	95	84	76	88.75
	RÍO GRANDE	57	45	37	100	59.75
	RENACER	87	90	67	77	80.25
Análisis 3 (15 días)	AVTO-1007	61	66	72	82	70.25
	L-17	65	56	84	93	74.5
	LIA	54	49	66	73	60.5
	112-12-7	91	92	62	66	77.75
	RÍO GRANDE	57	54	88	89	72
	RENACER	90	86	86	98	90

Fuente: Elaboración propia

Figura 5: % de Germinación de las semillas de los seis genotipos en los tres análisis



Fuente: Elaboración propia

El gráfico expuesto, así también la anterior tabla, exhiben los hallazgos del porcentaje de germinación de seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones controladas de laboratorio. El diseño experimental comprende tres periodos de análisis y cuatro repeticiones para cada tratamiento, lo que confiere robustez estadística a nuestros hallazgos obtenidos.

Según Taylor (2020), señala que una semilla vigorosa pasee mayores valores de respiración al momento de la germinación. Tradicionalmente se considera que una semilla de alta calidad fisiológica posee mejores atributos en germinación (mayor porcentaje y velocidad) y vigor (mayor resistencia al almacenamiento en condiciones adversas por que el INIAF (2023), señalo que mientras más longeva sea la semilla de tomate pierde su vigor germinativo, dando como hecho el genotipo RENACER con un alto poder germinativo en los tres análisis junto con el genotipo 112-12-7.

Por lo que a continuación, se realizará un análisis sobre el comportamiento de los

Genotipos en función del Período de Análisis.

Durante el análisis inicial, se evidencia una variabilidad significativa en los porcentajes de germinación entre los genotipos examinados. El genotipo RENACER registró el porcentaje más elevado de germinación (85.5%), seguido de 112-12-7 (61.25%) y RIO GRANDE (58.75%). El genotipo con el rendimiento inicial más bajo fue AVTO-1007 (51.75%), que exhibió una germinación aproximada del 34% inferior en comparación con el genotipo superior. Esta discrepancia significativa indica una variabilidad genética notable en relación con la capacidad germinativa bajo las condiciones experimentales establecidas.

A lo largo del análisis 2, se observa un aumento generalizado en los porcentajes de germinación para la mayoría de los genotipos, lo cual podría sugerir una superación parcial de la dormancia seminal o la optimización de las condiciones fisiológicas internas de las semillas. El genotipo 112-12-7 registró el valor más elevado (88.75%), lo que representa un incremento de 27.5 puntos porcentuales en comparación con el análisis previo. Además, es notable la conducta de AVTO-1007, que incrementó su germinación en 10 puntos porcentuales (61.25%), mientras que LIA evidenció una reducción marginal (52.25% a 50.25%).

Durante el tercer análisis, el cultivo RENACER logró el porcentaje de germinación más alto del estudio (90%), lo que evidencia un patrón de mejora constante a lo largo de los tres análisis (85.5% → 80.25% → 90%). El genotipo L-17 exhibió una similitud en su comportamiento de mejora progresiva (45.75% → 60.5% → 74.5%), lo que sugiere que estos genotipos podrían necesitar un periodo de post-maduración para optimizar su potencial germinativo. El genotipo 112-12-7 evidenció una reducción notable (88.75% → 77.75%), lo cual podría sugerir una disminución en el vigor seminal a lo largo del tiempo.

En cuanto a la Variabilidad Intra-genotípica, la heterogeneidad entre las repeticiones en cada genotipo y análisis requiere un énfasis particular. En ciertas circunstancias, como el caso de RIO GRANDE en el Análisis 1, se evidencia una variación significativa

entre los valores mínimos y máximos (47% a 77%), lo que podría sugerir una heterogeneidad en la calidad fisiológica de las semillas o una respuesta diferencial a las condiciones experimentales establecidas. Esta variabilidad intra-genotípica constituye un elemento a tener en cuenta en la elección de genotipos para programas de mejora o producción comercial.

Además, se detecta un patrón generalizado de aumento en los porcentajes de germinación conforme progresan los análisis, lo cual podría estar vinculado a:

- Progresiva superación de los mecanismos de dormancia primaria o secundaria.
- Las condiciones de almacenamiento tienen un impacto positivo en la maduración fisiológica de las semillas.
- Alteraciones bioquímicas intraembriónicas que promueven la activación metabólica.

Los genotipos con un rendimiento global superior fueron RENACER y 112-12-7, los cuales conservaron porcentajes de germinación de manera consistente elevada a lo largo de los tres análisis realizados. Esto insinúa que estos materiales genéticos exhiben propiedades fisiológicas y bioquímicas propicias para preservar la viabilidad y vigor seminal bajo las condiciones experimentales determinadas.

Tabla 12: Medidas de dispersión del porcentaje de germinación de los seis genotipos

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo	\bar{X}	S^2	S	%CV
1	% de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	51.75	26.3	5.130	9.910
1	% de Germinación a los 15 días	L-17	45.75	143.8	11.990	24.040
1	% de Germinación a los 15 días	LIA	52.25	129.0	11.360	21.740

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo	\bar{X}	S^2	S	%CV
1	% de Germinación a los 15 días	112-12-7	61.25	23.0	4.800	6.980
1	% de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	58.75	192.4	13.870	23.610
1	% de Germinación a los 15 días	RENACER	85.5	104.4	10.220	10.210
2	% de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	61.25	632.9	25.158	41.074
2	% de Germinación a los 15 días	L-17	60.5	710.3	26.652	44.053
2	% de Germinación a los 15 días	LIA	50.25	274.3	16.560	32.956
2	% de Germinación a los 15 días	112-12-7	88.75	116.9	10.813	12.183
2	% de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	59.75	787.6	28.064	46.969
2	% de Germinación a los 15 días	RENACER	80.25	108.9	10.436	13.005
3	% de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	70.25	81.6	9.032	12.857
3	% de Germinación a los 15 días	L-17	74.5	288.3	16.980	22.792
3	% de Germinación a los 15 días	LIA	60.5	120.3	10.970	18.132
3	% de Germinación a los 15 días	112-12-7	77.75	254.9	15.966	20.535
3	% de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	72	364.7	19.096	26.523
3	% de Germinación a los 15 días	RENACER	90	32.0	5.657	6.285

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Comparación de los porcentajes de germinación entre diferentes genotipos

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	L-17	51.75	45.75	0.920	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	LIA	51.75	52.25	0.080	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	112-12-7	51.75	61.25	2.704	2.447	Sí
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RÍO GRANDE	51.75	58.75	0.947	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RENACER	51.75	85.5	5.903	2.447	Sí
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	L-17	AVTO-1007	45.75	51.75	0.920	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	L-17	LIA	45.75	52.25	0.787	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	L-17	112-12-7	45.75	61.25	2.400	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	L-17	RÍO GRANDE	45.75	58.75	1.418	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	L-17	RENACER	45.75	85.5	5.046	2.447	Sí
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	LIA	AVTO-1007	52.25	51.75	0.080	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	LIA	L-17	52.25	45.75	0.787	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	LIA	112-12-7	52.25	61.25	1.460	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	LIA	RÍO GRANDE	52.25	58.75	0.725	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	LIA	RENACER	52.25	85.5	4.352	2.447	Sí
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	112-12-7	AVTO-1007	61.25	51.75	2.704	2.447	Sí
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	112-12-7	L-17	61.25	45.75	2.400	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	112-12-7	LIA	61.25	52.25	1.460	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	112-12-7	RÍO GRANDE	61.25	58.75	0.341	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	112-12-7	RENACER	61.25	85.5	4.295	2.447	Sí
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	AVTO-1007	58.75	51.75	0.947	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	L-17	58.75	45.75	1.418	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	LIA	58.75	52.25	0.725	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	112-12-7	58.75	61.25	0.341	2.447	No
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	RENACER	58.75	85.5	3.105	2.447	Sí
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	RENACER	AVTO-1007	85.5	51.75	5.903	2.447	Sí
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	RENACER	L-17	85.5	45.75	5.046	2.447	Sí

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	RENACER	LIA	85.5	52.25	4.352	2.447	Sí
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	RENACER	112-12-7	85.5	61.25	4.295	2.447	Sí
Análisis 1	% Germinación a los 15 días	RENACER	RÍO GRANDE	85.5	58.75	3.105	2.447	Sí
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	L-17	70.25	74.5	0.442	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	LIA	70.25	50.25	2.120	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	112-12-7	70.25	88.75	2.626	2.447	Sí
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RÍO GRANDE	70.25	59.75	0.712	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RENACER	70.25	80.25	1.449	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	L-17	AVTO-1007	74.5	70.25	0.442	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	L-17	LIA	74.5	50.25	2.045	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	L-17	112-12-7	74.5	88.75	1.416	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	L-17	RÍO GRANDE	74.5	59.75	0.899	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	L-17	RENACER	74.5	80.25	0.577	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	LIA	AVTO-1007	50.25	70.25	2.120	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	LIA	L-17	50.25	74.5	2.045	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	LIA	112-12-7	50.25	88.75	3.893	2.447	Sí
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	LIA	RÍO GRANDE	50.25	59.75	0.583	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	LIA	RENACER	50.25	80.25	3.065	2.447	Sí
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	112-12-7	AVTO-1007	88.75	70.25	2.626	2.447	Sí
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	112-12-7	L-17	88.75	74.5	1.416	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	112-12-7	LIA	88.75	50.25	3.893	2.447	Sí
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	112-12-7	RÍO GRANDE	88.75	59.75	1.929	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	112-12-7	RENACER	88.75	80.25	1.131	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	RIO GRANDE	AVTO-1007	59.75	70.25	0.712	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	RIO GRANDE	L-17	59.75	74.5	0.899	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	RIO GRANDE	LIA	59.75	50.25	0.583	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	RIO GRANDE	112-12-7	59.75	88.75	1.929	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	RIO GRANDE	RENACER	59.75	80.25	1.369	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	RENACER	AVTO-1007	80.25	70.25	1.449	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	RENACER	L-17	80.25	74.5	0.577	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	RENACER	LIA	80.25	50.25	3.065	2.447	Sí
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	RENACER	112-12-7	80.25	88.75	1.131	2.447	No
Análisis 2	% Germinación a los 15 días	RENACER	RÍO GRANDE	80.25	59.75	1.369	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	L-17	70.25	74.5	0.451	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	LIA	70.25	60.5	1.426	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	112-12-7	70.25	77.75	0.837	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RÍO GRANDE	70.25	72	0.169	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RENACER	70.25	90	3.978	2.447	Sí
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	L-17	AVTO-1007	74.5	70.25	0.451	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	L-17	LIA	74.5	60.5	1.385	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	L-17	112-12-7	74.5	77.75	0.279	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	L-17	RÍO GRANDE	74.5	72	0.196	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	L-17	RENACER	74.5	90	1.732	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	LIA	AVTO-1007	60.5	70.25	1.426	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	LIA	L-17	60.5	74.5	1.385	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	LIA	112-12-7	60.5	77.75	1.781	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	LIA	RÍO GRANDE	60.5	72	1.044	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	LIA	RENACER	60.5	90	4.780	2.447	Sí
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	112-12-7	AVTO-1007	77.75	70.25	0.837	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	112-12-7	L-17	77.75	74.5	0.279	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	112-12-7	LIA	77.75	60.5	1.781	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	112-12-7	RÍO GRANDE	77.75	72	0.462	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	112-12-7	RENACER	77.75	90	1.446	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	AVTO-1007	72	70.25	0.169	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	L-17	72	74.5	0.196	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	LIA	72	60.5	1.044	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	112-12-7	72	77.75	0.462	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	RENACER	72	90	1.808	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	RENACER	AVTO-1007	90	70.25	3.978	2.447	Sí
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	RENACER	L-17	90	74.5	1.732	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	RENACER	LIA	90	60.5	4.780	2.447	Sí
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	RENACER	112-12-7	90	77.75	1.446	2.447	No
Análisis 3	% Germinación a los 15 días	RENACER	RÍO GRANDE	90	72	1.808	2.447	No

Fuente: Elaboración propia

La tabla presentada ofrece un examen estadístico meticuloso a través de las pruebas de t de Student, con el objetivo de contrastar los porcentajes de germinación entre los seis genotipos de tomate examinados (AVTO-1007, L-17, LIA, 112-12-7, RIO GRANDE y RENACER). Este análisis se llevó a cabo en tres periodos diferenciados, evaluando particularmente el porcentaje de germinación a los 15 días de cada análisis, lo que posibilita la identificación de discrepancias estadísticamente significativas entre los genotipos examinados.

La evaluación se fundamenta en la contrastación del valor t calculado (T_c) frente al valor t tabulado (T_t), con un nivel de confianza del 95%. La diferencia estadísticamente significativa entre los genotipos comparados se interpreta como una diferencia significativa.

En el análisis 1, se pueden resaltar los siguientes hallazgos de relevancia:

RENACER evidenció una superioridad estadística notable en comparación con todos los demás genotipos ($T_c > T_t$ en todas las comparaciones), corroborando cuantitativamente su destacado rendimiento inicial con un promedio de 85.5% de germinación.

El genotipo 112-12-7 evidenció una diferencia notable superior únicamente en comparación con AVTO-1007 ($T_c=2.704 > T_t=2.447$), sin embargo, no exhibió ventajas estadísticas en comparación con otros genotipos.

Los genotipos L-17, LIA y RÍO GRANDE no exhibieron diferencias estadísticamente notables entre ellos ni con AVTO-1007, lo que indica un comportamiento germinativo relativamente homogéneo entre estos materiales durante la etapa inicial.

Durante el análisis 2, el escenario estadístico experimentó una transformación significativa: El genotipo 112-12-7 demostró una superioridad estadística respecto a AVTO-1007 ($T_c=2.626 > T_t=2.447$) y LIA ($T_c=3.893 > T_t=2.447$), logrando el porcentaje medio de germinación más alto (88.75%).

RENACER, que mantuvo un rendimiento satisfactorio (80.25%), evidenció una superioridad estadística exclusivamente sobre LIA ($T_c=3.065 > T_t=2.447$).

Se observa un incremento en la homogeneidad estadística entre la mayoría de los genotipos, con 22 de 30 comparaciones que no presentaron diferencias significativas, lo que sugiere una propensión hacia la uniformización del comportamiento germinativo a medida que transcurren los años.

Por último, el tercer análisis evidenció un equilibrio más robusto entre los genotipos: RENACER persistió en su liderazgo con una media superior al 90%, exhibiendo discrepancias estadísticamente significativas únicamente con AVTO-1007 ($T_c=3.978 > T_t=2.447$) y LIA ($T_c=4.780 > T_t=2.447$).

Es relevante destacar que genotipos tales como L-17 y 112-12-7 experimentaron un incremento significativo en sus porcentajes de germinación (74.5% y 77.75% respectivamente), sin exhibir diferencias significativas con RENACER.

LIA persistió en exhibir el rendimiento más bajo (60.5%), siendo estadísticamente inferior a RENACER, pero comparable al de los demás genotipos.

Tomando en cuenta un análisis longitudinal y sus tendencias temporales en los tres análisis podemos mencionar que: RENACER exhibió consistencia en su elevado potencial germinativo (85.5% → 80.25% → 90%), conservando ventajas estadísticas notables sobre otros genotipos, especialmente en los primeros y terceros análisis.

El segundo análisis evidenció una tendencia positiva (61.25% → 88.75% → 77.75%), alcanzando su máximo potencial durante el periodo intermedio.

L-17 demostró una evolución constante de mejora (45.75% → 74.5% → 74.5%), lo que podría sugerir una necesidad de post-maduración para optimizar su expresión germinativa.

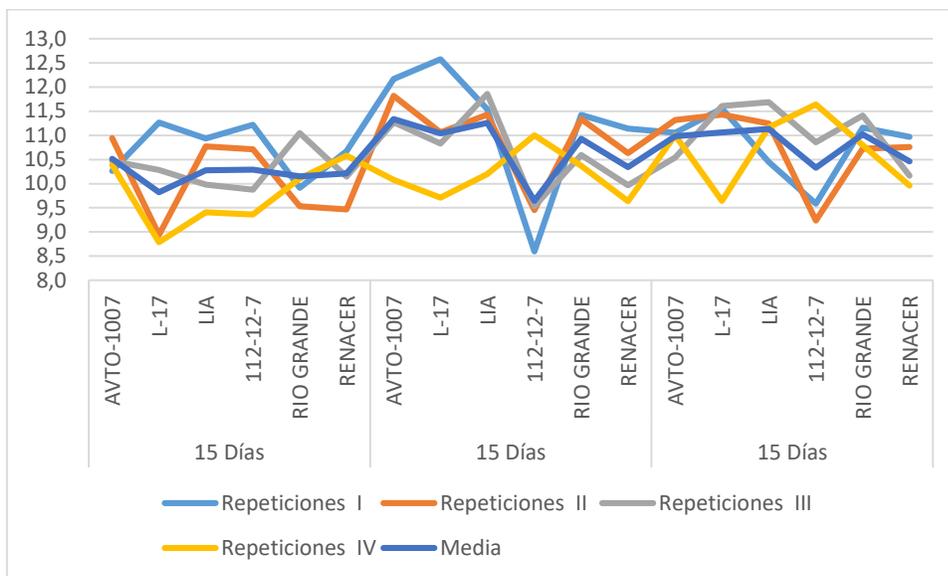
A lo largo del estudio, LIA mantuvo de manera consistente los porcentajes más bajos (52.25% → 50.25% → 60.5%), siendo estadísticamente inferiores a los genotipos de rendimiento superior.

Tabla 14: Velocidad de germinación de la semilla de seis genotipos de tomate (*lycopersicon esculentum mill.*) en diferentes intervalos de tiempo

Tratamientos Intervalos de tiempo (Días)	Genotipos	Repeticiones				Media
		I	II	III	IV	
15 días	AVTO-1007	10.3	10.9	10.5	10.4	10.5
	L-17	11.3	8.9	10.3	8.8	9.8
	LIA	10.9	10.8	10.0	9.4	10.3
	112-12-7	11.2	10.7	9.9	9.4	10.3
	RÍO GRANDE	9.9	9.5	11.0	10.1	10.1
	RENACER	10.7	9.5	10.1	10.6	10.2
15 días	AVTO-1007	12.2	11.8	11.3	10.1	11.3
	L-17	12.6	11.1	10.8	9.7	11.0
	LIA	11.5	11.4	11.9	10.2	11.3
	112-12-7	8.6	9.5	9.5	11.0	9.6
	RÍO GRANDE	11.4	11.3	10.6	10.4	10.9
	RENACER	11.1	10.6	10.0	9.6	10.3
15 días	AVTO-1007	11.1	11.3	10.5	11.0	11.0
	L-17	11.6	11.4	11.6	9.6	11.1
	LIA	10.4	11.2	11.7	11.2	11.1
	112-12-7	9.6	9.2	10.9	11.6	10.3
	RÍO GRANDE	11.2	10.7	11.4	10.8	11.0
	RENACER	11.0	10.8	10.2	10.0	10.5

Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Velocidad de germinación de las semillas de los seis genotipos en los tres análisis



Fuente: Elaboración propia

La velocidad de germinación expresa el número de semillas germinadas por día (Martínez et al., 2010). Maguire (1962) indica que la velocidad de germinación se obtiene al mismo tiempo que se determinan los porcentajes de germinación. Por lo que los hallazgos derivados de la velocidad de germinación, medida como el número promedio de días necesarios para que las semillas culminen este proceso fisiológico, evidencian patrones diferenciadores entre los genotipos examinados y se manifiestan a través de tres análisis de 15 días cada uno como se mencionó anteriormente.

En el primer análisis, se registró que el genotipo L-17 exhibió la mayor precocidad, con un promedio de 9.8 días para el proceso de germinación, seguido por RIO GRANDE (10.1 días) y RENACER (10.2 días). Los genotipos LIA y 112-12-7 exhibieron valores equivalentes (10.3 días), mientras que AVTO-1007 requirió un periodo de tiempo más extenso (10.5 días). Estas variaciones iniciales, a pesar de ser relativamente reducidas, indican características inherentes de cada genotipo asociadas con la permeabilidad de las cubiertas seminales, la actividad enzimática y metabólica del embrión, o los niveles de dormancia primaria presentes en las semillas recién

cosechadas.

Durante el segundo intervalo de análisis, se observó una modificación significativa en la conducta de los genotipos. El material 112-12-7 evidenció una mejora notable en su capacidad germinativa, disminuyendo el periodo necesario a 9.6 días, consolidándose como el más precoz en su desarrollo. Sin embargo, los genotipos AVTO-1007 y LIA exhibieron un incremento significativo en el periodo requerido para la germinación (ambos con 11.3 días), lo que indica una disminución de aproximadamente un día en comparación con el primer análisis realizado. Esta discrepancia en la conducta temporal indica la existencia de mecanismos fisiológicos diferenciados entre los genotipos, potencialmente vinculados con procesos de post-maduración, alteraciones en el balance hormonal interno o en la actividad enzimática.

Se observó una tendencia hacia la homogeneización en los tiempos de germinación para la mayoría de los genotipos. AVTO-1007, L-17, LIA y RIO GRANDE exhibieron valores muy comparables (11.0, 11.1, 11.1 y 11.0 días respectivamente), mientras que 112-12-7 y RENACER exhibieron una precocidad relativa (10.3 y 10.5 días respectivamente). Esta convergencia temporal podría estar asociada con la consolidación de los procesos fisiológicos internos tras periodos extensos de almacenamiento, o bien con la culminación de los procesos de post-maduración que inicialmente distinguían a los genotipos.

La evaluación longitudinal de los tres intervalos facilita la identificación de patrones comportamentales particulares. Los genotipos AVTO-1007, L-17, LIA y RIO GRANDE evidenciaron una marcada tendencia hacia la ralentización progresiva del proceso germinativo, con incrementos que fluctuaron entre 0.5 y 1.3 días respectivamente. Esta tendencia podría estar asociada con procesos de degradación fisiológica progresiva o con la evolución de mecanismos de dormancia secundaria durante el proceso de almacenamiento. En contraste, 112-12-7 exhibió un comportamiento singular, mejorando inicialmente su velocidad germinativa para posteriormente experimentar un leve deterioro, pero manteniendo en términos globales

el rendimiento más destacado en términos de precocidad. Por otro lado, RENACER exhibió una mayor estabilidad temporal, con variaciones mínimas entre los tres intervalos de análisis, lo que indica una menor susceptibilidad a las alteraciones fisiológicas vinculadas al almacenamiento.

Adicionalmente a los valores promedio, resulta pertinente examinar la variabilidad intrínseca entre repeticiones para cada genotipo, dado que ofrece datos sobre la homogeneidad y estabilidad fisiológica de las semillas. El genotipo 112-12-7 exhibió una variabilidad más significativa entre repeticiones, especialmente en el tercer intervalo (valores que oscilan entre 9.2 y 11.6 días), lo que podría sugerir discrepancias en la madurez fisiológica dentro del mismo lote de semillas. En contraposición, el genotipo RENACER evidenció una mayor consistencia entre repeticiones, lo que sugiere una posible homogeneidad genética y fisiológica que se traduce en un comportamiento más predecible y uniforme del material.

Tabla 15: Medidas de dispersión velocidad de germinación de la semilla de seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en diferentes intervalos de tiempo

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo	\bar{X}	S^2	S	%CV
1	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	10.515	0.088	0.296	2.817
1	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	9.821	1.382	1.176	11.971
1	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	10.274	0.507	0.712	6.932
1	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	10.291	0.692	0.832	8.084
1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	10.149	0.416	0.645	6.355
1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	10.214	0.302	0.550	5.381
2	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	11.334	0.835	0.914	8.062

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo	\bar{X}	S^2	S	%CV
2	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	11.043	1.387	1.178	10.664
2	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	11.255	0.531	0.728	6.472
2	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	9.647	0.992	0.996	10.326
2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	10.930	0.277	0.526	4.812
2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	10.344	0.452	0.672	6.496
3	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	10.979	0.104	0.323	2.940
3	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	11.059	0.894	0.946	8.551
3	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	11.134	0.263	0.513	4.606
3	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	10.328	1.244	1.115	10.797
3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	11.022	0.103	0.321	2.909
3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	10.461	0.228	0.477	4.562

Fuente: Elaboración propia

Meneces (2024), menciona que, para evaluar la velocidad de germinación en seis genotipos de tomate, se deben realizar mediciones de dispersión en diferentes intervalos de tiempo. Estas medidas ayudarán a identificar variaciones en la rapidez con la que germinan las semillas de cada genotipo. Se pueden usar indicadores como el tiempo promedio de germinación, la desviación estándar del tiempo de germinación y el índice de velocidad de germinación.

Tabla 16: Comparación de la velocidad de germinación entre diferentes genotipos

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	L-17	10.263	11.267	0.028	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	LIA	10.263	10.936	0.018	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	112-12-7	10.263	11.218	0.024	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RÍO GRANDE	10.263	9.915	0.009	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RENACER	10.263	10.671	0.009	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	AVTO-1007	11.267	10.263	0.028	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	LIA	11.267	10.936	0.010	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	112-12-7	11.267	11.218	0.001	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	RÍO GRANDE	11.267	9.915	0.042	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	RENACER	11.267	10.671	0.014	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	AVTO-1007	10.936	10.263	0.018	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	L-17	10.936	11.267	0.010	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	112-12-7	10.936	11.218	0.008	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	RÍO GRANDE	10.936	9.915	0.031	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	RENACER	10.936	10.671	0.006	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	AVTO-1007	11.218	10.263	0.024	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	L-17	11.218	11.267	0.001	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	LIA	11.218	10.936	0.008	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	RÍO GRANDE	11.218	9.915	0.036	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	RENACER	11.218	10.671	0.012	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	AVTO-1007	9.915	10.263	0.009	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	L-17	9.915	11.267	0.042	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	LIA	9.915	10.936	0.031	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	112-12-7	9.915	11.218	0.036	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	RENACER	9.915	10.671	0.017	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	AVTO-1007	10.671	10.263	0.009	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	L-17	10.671	11.267	0.014	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	LIA	10.671	10.936	0.006	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	112-12-7	10.671	11.218	0.012	2.447	No
Análisis 1	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	RÍO GRANDE	10.671	9.915	0.017	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	L-17	12.167	12.571	0.019	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	LIA	12.167	11.538	0.024	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	112-12-7	12.167	8.600	0.067	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RÍO GRANDE	12.167	11.421	0.022	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RENACER	12.167	11.138	0.022	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	AVTO-1007	12.571	12.167	0.019	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	LIA	12.571	11.538	0.047	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	112-12-7	12.571	8.600	0.078	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	RÍO GRANDE	12.571	11.421	0.038	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	RENACER	12.571	11.138	0.032	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	AVTO-1007	11.538	12.167	0.024	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	L-17	11.538	12.571	0.047	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	112-12-7	11.538	8.600	0.055	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	RÍO GRANDE	11.538	11.421	0.003	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	RENACER	11.538	11.138	0.008	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	AVTO-1007	8.600	12.167	0.067	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	L-17	8.600	12.571	0.078	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	LIA	8.600	11.538	0.055	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	RÍO GRANDE	8.600	11.421	0.049	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	RENACER	8.600	11.138	0.038	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	AVTO-1007	11.421	12.167	0.022	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	L-17	11.421	12.571	0.038	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	LIA	11.421	11.538	0.003	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	112-12-7	11.421	8.600	0.049	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	RENACER	11.421	11.138	0.005	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	AVTO-1007	11.138	12.167	0.022	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	L-17	11.138	12.571	0.032	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	LIA	11.138	11.538	0.008	2.447	No
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	112-12-7	11.138	8.600	0.038	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 2	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	RÍO GRANDE	11.138	11.421	0.005	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	L-17	11.056	11.556	0.013	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	LIA	11.056	10.444	0.016	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	112-12-7	11.056	9.582	0.028	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RÍO GRANDE	11.056	11.158	0.003	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	AVTO-1007	RENACER	11.056	10.967	0.002	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	AVTO-1007	11.556	11.056	0.013	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	LIA	11.556	10.444	0.029	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	112-12-7	11.556	9.582	0.037	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	RÍO GRANDE	11.556	11.158	0.010	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	L-17	RENACER	11.556	10.967	0.011	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	AVTO-1007	10.444	11.056	0.016	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	L-17	10.444	11.556	0.029	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	112-12-7	10.444	9.582	0.016	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	RÍO GRANDE	10.444	11.158	0.018	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	LIA	RENACER	10.444	10.967	0.010	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	AVTO-1007	9.582	11.056	0.028	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	L-17	9.582	11.556	0.037	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	LIA	9.582	10.444	0.016	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	RÍO GRANDE	9.582	11.158	0.029	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	112-12-7	RENACER	9.582	10.967	0.022	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	AVTO-1007	11.158	11.056	0.003	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	L-17	11.158	11.556	0.010	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	LIA	11.158	10.444	0.018	2.447	No

Análisis	Intervalos de tiempo (Días)	Genotipo base	Genotipo comparado	Media Genotipo Base	Media Genotipo Comparado	Tc	Tt	Significancia al 95%
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	112-12-7	11.158	9.582	0.029	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RÍO GRANDE	RENACER	11.158	10.967	0.004	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	AVTO-1007	10.967	11.056	0.002	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	L-17	10.967	11.556	0.011	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	LIA	10.967	10.444	0.010	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	112-12-7	10.967	9.582	0.022	2.447	No
Análisis 3	Velocidad de Germinación a los 15 días	RENACER	RÍO GRANDE	10.967	11.158	0.004	2.447	No

Fuente: Elaboración propia

La tabla de comparación estadística de la velocidad de germinación ofrece pruebas de *t* de Student que complementan los datos descriptivos previamente examinados. Un descubrimiento notable es que, en contraposición a los hallazgos relacionados con el porcentaje de germinación, en los que se identificaron múltiples diferencias estadísticamente significativas entre genotipos, en relación con la velocidad de germinación, ninguna de las comparaciones efectuadas alcanzó el umbral de significancia estadística ($p < 0.05$) en ninguno de los tres análisis.

Esta falta de variaciones notables indica que, a pesar de las fluctuaciones numéricas detectadas en los tiempos medios de germinación, todos los genotipos exhiben un comportamiento estadísticamente homogéneo en relación con su velocidad germinativa. Este descubrimiento posee consecuencias significativas para la interpretación de la conducta fisiológica de los materiales evaluados.

A lo largo del análisis inicial, los valores de *t* calculado (T_c) fueron notablemente bajos en todas las comparaciones, oscilando entre 0.001 y 0.042, muy por debajo del valor crítico de *t* tabular ($T_t = 2.447$). Esto sugiere que, a pesar de que, desde una perspectiva numérica, RÍO GRANDE exhibió la mayor precocidad (9.915 días) y L-17 la mayor duración (11.267 días), estas discrepancias no alcanzaron relevancia estadística.

En el análisis subsecuente, se registraron valores de T_c comparativamente superiores, especialmente en las comparaciones que implicaron al genotipo 112-12-7, que exhibió el menor tiempo medio de germinación (8.600 días). La comparativa entre 112-12-7 y L-17, que demandó 12.571 días, resultó en el valor de T_c más elevado (0.078), aunque aún muy distante del umbral de significancia establecido. Esta tendencia indica que las variaciones en la velocidad germinativa presentaron una tendencia a intensificarse durante este periodo, posiblemente debido a la manifestación diferencial de procesos fisiológicos de post-maduración, aunque no de manera suficiente para alcanzar relevancia estadística.

En el tercer análisis, los valores de Tc persistieron en una cifra constante de 0.002 a 0.037, corroborando la homogeneidad estadística entre los genotipos. El contraste entre 112-12-7 (9.582 días) y L-17 (11.556 días) volvió a exhibir el valor más elevado de Tc (0.037), sin llegar a ser significativo.

La integración de los datos descriptivos relativos a la velocidad de germinación con los hallazgos derivados del análisis estadístico facilita una interpretación más integral y matizada del comportamiento genético. El genotipo 112-12-7 exhibió de manera consistente los tiempos de germinación más reducidos, especialmente en los análisis segundo y tercero (8.600 y 9.582 días respectivamente), lo que sugiere un comportamiento fisiológico propicio en lo que respecta a su precocidad. No obstante, la falta de discrepancias estadísticamente notables sugiere que esta ventaja numérica debe ser interpretada con prudencia en relación con su importancia biológica y agronómica.

De forma análoga, el genotipo L-17, que exhibió de manera consistente los tiempos de germinación más prolongados en los tres análisis (11.267, 12.571 y 11.556 días), no mostró diferencias estadísticamente significativas respecto a los demás genotipos. Esto indica que, a pesar de su aparente disminución en la velocidad germinativa, este material no exhibe restricciones fisiológicas severas que lo distingan de manera significativa de los demás genotipos examinados.

El comportamiento del genotipo RENACER reviste particular importancia, dado que exhibió valores intermedios y relativamente estables de velocidad germinativa (10.671, 11.138 y 10.967 días) durante los tres análisis, acompañados de los porcentajes más elevados de germinación. Esta combinación de atributos, a pesar de que la ventaja en velocidad no alcanzó relevancia estadística, podría simbolizar un equilibrio fisiológico propicio para aplicaciones en el sector agropecuario.

Implicaciones para la Selección y el Mejoramiento Genético Implicaciones para la Selección y el Mejoramiento Genético Implicaciones para la Selección y el Mejoramiento Genético Implicaciones para la Selección y el Mejoramiento Genético

La homogeneidad estadística observada en la velocidad de germinación, en contraposición a las discrepancias notables en el porcentaje de germinación, sugiere que estos parámetros se rigen por mecanismos fisiológicos parcialmente autónomos. Por consiguiente, las iniciativas de mejora dirigidas a la optimización del comportamiento germinativo de los materiales deberían tomar en cuenta ambos parámetros como criterios complementarios de selección.

Esta interpretación integrada conduce a la conclusión de que, entre los genotipos evaluados, RENACER exhibe el comportamiento más equilibrado, combinando porcentajes elevados de germinación (estadísticamente superiores en varios casos) con una velocidad germinativa intermedia y estable (aunque sin diferencias estadísticamente relevantes). El genotipo 112-12-7 exhibe un comportamiento igualmente intrigante, caracterizado por una propensión hacia una germinación más precoz y porcentajes de germinación elevados, especialmente en el segundo análisis.

La falta de variaciones estadísticamente significativas en la tasa de germinación, en contraste con las diferencias detectadas en el porcentaje germinativo, sugiere que la viabilidad de las semillas podría ser un elemento más crucial que la velocidad del proceso en la manifestación del potencial germinativo diferencial de los genotipos evaluados.

Este riguroso análisis estadístico de los parámetros de calidad de la semilla ofrece datos cruciales para la toma de decisiones en programas de producción y mejoramiento de tomate, facilitando la elección de genotipos con características germinativas óptimas, adaptadas a diversas condiciones y exigencias agronómicas.

3.2.2. Factor de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson constituye una herramienta estadística fundamental para evaluar la relación lineal entre dos variables cuantitativas. Este parámetro, representado como "r", oscila entre -1 y +1, donde el valor absoluto indica la intensidad de la relación y el signo su dirección (directa o inversa). La correlación

de Pearson permite identificar patrones de asociación entre variables sin implicar necesariamente causalidad, siendo particularmente valiosa en estudios fisiológicos como el presente.

En el contexto de la evaluación de parámetros de calidad de semillas, el factor de correlación proporciona información crucial sobre la interdependencia de variables fisiológicas como el porcentaje de germinación y la velocidad del proceso. Una correlación positiva (valores entre 0 y +1) indica que, a mayor valor de una variable, mayor valor de la otra; mientras que una correlación negativa (valores entre 0 y -1) señala que, al aumentar una variable, la otra tiende a disminuir.

En el caso específico de la relación entre porcentaje de germinación y velocidad expresada como días medios para germinar, es importante destacar que las correlaciones negativas tienen una interpretación particular: indican que, a mayor porcentaje de germinación, menor tiempo requerido para completar el proceso (mayor velocidad). Esta relación inversa es biológicamente coherente, ya que refleja que semillas con mayor potencial germinativo tienden a activar sus procesos metabólicos más eficientemente, completando la germinación en menos tiempo.

Tabla 17: Correlación general y por análisis

Grupo de Datos	Coefficiente de Correlación (r)	Grado de Correlación
General (todos los datos)	-0.36	Correlación baja negativa
Análisis 1	-0.11	Correlación muy baja negativa
Análisis 2	-0.65	Correlación alta negativa
Análisis 3	-0.43	Correlación moderada negativa

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Correlación por genotipo

Genotipo	Coefficiente de Correlación (r)	Grado de Correlación
AVTO-1007	-0.95	Correlación muy alta negativa
L-17	-0.98	Correlación muy alta negativa
LIA	-0.37	Correlación baja negativa
112-12-7	0.31	Correlación baja positiva

RÍO GRANDE	-0.94	Correlación muy alta negativa
RENACER	-0.71	Correlación alta negativa

Fuente: Elaboración propia

El análisis de correlación entre el porcentaje de germinación y la velocidad de germinación (expresada como días medios para germinar) revela patrones significativos en el comportamiento fisiológico de los genotipos evaluados:

Correlación General: El valor de $r = -0.36$ indica una correlación negativa baja entre ambos parámetros, sugiriendo que genotipos con mayor porcentaje de germinación tienden moderadamente a completar el proceso en menor tiempo.

Evolución Temporal: La correlación mostró variación considerable entre los tres análisis, siendo particularmente destacable la correlación alta negativa ($r = -0.65$) en el segundo análisis, coincidiendo con el período de mayor diferenciación en el comportamiento de los genotipos.

Comportamiento por Genotipo: Los genotipos AVTO-1007, L-17 y RIO GRANDE presentaron correlaciones muy altas negativas ($r > -0.94$), indicando una fuerte relación inversa entre ambos parámetros. En contraste, el genotipo 112-12-7 mostró un comportamiento atípico con correlación baja positiva ($r = 0.31$), sugiriendo mecanismos fisiológicos distintos.

Implicaciones Agronómicas: La variabilidad en los patrones de correlación refuerza la necesidad de considerar ambos parámetros como criterios complementarios en la selección de genotipos para programas de mejoramiento y producción comercial. Estos resultados proporcionan evidencia cuantitativa sobre la relación entre los parámetros de calidad de semilla evaluados, aportando información valiosa para la caracterización integral del comportamiento germinativo de los genotipos de tomate estudiados.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La valoración de los criterios de calidad de la semilla en seis genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) reveló variaciones notables en el porcentaje de germinación, mientras que la velocidad germinativa exhibió un comportamiento estadísticamente uniforme entre todos los materiales evaluados.
- Durante los tres intervalos de análisis, el genotipo RENACER evidenció de manera consistente el mayor potencial germinativo, alcanzando valores de 85.5%, 80.25% y 90% respectivamente. Además, evidenció diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en comparación con otros genotipos, especialmente en el primer y tercer análisis. Esta preeminencia corrobora sus atributos genéticos propicios para la viabilidad seminal.
- El genotipo 112-12-7 exhibió una conducta específica, con un incremento significativo en la tasa de germinación durante el segundo análisis (88.75%) y los tiempos medios más reducidos para la finalización del proceso germinativo, aunque no se registraron diferencias estadísticamente significativas en este último parámetro.
- Se observó una tendencia generalizada hacia la homogeneización del comportamiento germinativo de los genotipos a medida que se desarrollaban los análisis, lo cual se evidencia en la reducción progresiva de las comparaciones estadísticamente significativas para el porcentaje de germinación (de 10 en el primer análisis a únicamente 4 en el tercer).
- La evaluación de los atributos de calidad física (porcentaje de pureza, contenido de humedad, peso de 1000 semillas y cantidad de semillas por kilogramo) reveló valores que se sitúan dentro de los parámetros óptimos para semillas de tomate de calidad comercial en todos los genotipos analizados.
- La falta de variaciones estadísticamente significativas en la velocidad de

germinación, en contraposición a las observadas en el porcentaje germinativo, indica que estos parámetros se rigen por mecanismos fisiológicos parcialmente independientes y que la viabilidad de las semillas podría constituir un elemento más crucial que la velocidad del proceso en la manifestación del potencial germinativo diferencial.

- Los genotipos examinados exhibieron patrones temporales diferenciados en su comportamiento germinativo, lo que evidencia que ciertos materiales (como L-17) necesitan periodos de post-maduración para manifestar su máximo potencial, mientras que otros (como RENACER) exhiben una estabilidad temporal más robusta.
- La combinación de los parámetros de porcentaje y velocidad de germinación facilitó la identificación del genotipo RENACER como el material con el comportamiento más equilibrado, combinando porcentajes de germinación elevados con una velocidad germinativa intermedia y estable, características altamente deseables para aplicaciones agronómicas.
- La correlación entre los índices de germinación de los diversos genotipos examinados evidenció relaciones variables en términos de intensidad y dirección, corroborando la heterogeneidad genética de los materiales evaluados y proponiendo posibles mecanismos fisiológicos diferenciados en la manifestación de su potencial germinativo.
- La realización de una caracterización comprehensiva ofrece datos significativos para la elección de genotipos con características germinativas particulares, adaptadas a diversas condiciones de producción y exigencias agronómicas, constituyendo un aporte significativo al entendimiento de los atributos de calidad seminal en el tomate.

4.2. RECOMENDACIONES

- Considerando las interpretaciones en los tres análisis de semilla demostró que el genotipo RENACER debe ser incorporado en programas de producción de semilla de tomate orientados a sistemas que demandan una viabilidad elevada y un comportamiento consistente, debido a su destacado rendimiento en cuanto al porcentaje de germinación y estabilidad temporal, por lo cual se recomienda proceder con el registro al programa hortaliza del Instituto Nacional de Innovación Agropecuario y Forestal (INIAF), porque cumple con los requisitos mínimos de calidad para la comercialización de semillas de tomate establecido en la resolución administrativa de la Norma Nacional sobre Semillas.
- Se recomienda que el genotipo 112-12-7 debe ser contemplado para aplicaciones que privilegien la precocidad germinativa, tal como en sistemas de producción intensiva donde la rápida instauración del cultivo constituye una ventaja competitiva, capitalizando su propensión hacia tiempos de germinación reducidos.
- Ejecutar investigaciones adicionales con el objetivo de delinear los mecanismos fisiológicos y bioquímicos que contribuyen a las variaciones detectadas en el comportamiento germinativo, con especial énfasis en los perfiles hormonales y enzimáticos de los genotipos RENACER y 112-12-7, que exhibieron los rendimientos más sobresalientes.
- Extender la investigación para evaluar el comportamiento de estos genotipos bajo condiciones de estrés controlado (osmótico, térmico, salino), para determinar su potencial de adaptación a condiciones subóptimas de germinación, información valiosa en el contexto del cambio climático.
- Se recomienda la implementación de protocolos específicos de almacenamiento post-cosecha para cada genotipo, teniendo en cuenta sus

distintos patrones de comportamiento temporal, con especial énfasis en aquellos materiales que demandan periodos de post-maduración para manifestar su potencial germinativo óptimo.

- Se sugiere realizar investigaciones longitudinales más profundas con el objetivo de establecer la longevidad potencial de las semillas de estos genotipos bajo diversas condiciones de almacenamiento, proporcionando así información esencial para la planificación de programas de conservación y distribución de semillas.
- Continuar con trabajos de esta índole para Validar los hallazgos obtenidos bajo condiciones controladas a través de pruebas de campo que evalúen la aparición y consolidación de plántulas en diversos contextos agroecológicos, estableciendo correlaciones entre el comportamiento en laboratorio y el rendimiento agronómico.
- Llevar a cabo investigaciones que indague la correlación entre los parámetros de calidad de la semilla examinados y características agronómicas pertinentes, tales como rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad del fruto, con el objetivo de incorporar estos descubrimientos en programas integrales de mejoramiento genético.
- Los hallazgos de esta investigación deben ser difundidos entre productores, mejoradores y otros participantes en la cadena de producción del tomate, a través de publicaciones científicas, materiales de divulgación y actividades de transferencia tecnológica, con el objetivo de promover la adopción informada de estos genotipos, basándose en sus características particulares de calidad seminal.