

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Su origen es propio de la cuenca del Mediterráneo y se extendió por Europa y hacia el este del India, alrededor del año 2.000 A.C. Luego, se desarrolló en otras regiones, adaptándose a diferentes características climáticas de todos los continentes. En la actualidad se encuentra distribuida en todo el mundo, siendo un cultivo de gran importancia por su calidad. Es la segunda legumbre con mayor importancia en el mercado mundial. (Ministeriterio de economia Argentina , 2023)

Los cinco principales productores del mundo conforman el 70% de la producción total, siendo liderados por Canadá, con alrededor del 30%, seguido en orden de importancia por Rusia, China, Estados Unidos e India. Si bien, la producción mundial es oscilante, el clima tiene un rol preponderante, ubicándose en torno a las 10 u 11 millones de toneladas, tomando la forrajera y amarilla, para lo cual se destinan una superficie cercana a los 6,2 millones de hectáreas (Bernardi L. A., 2017).

En Bolivia, la producción de arveja se distribuye en los valles interandinos y altiplano de los departamentos de Cochabamba, Potosí, Tarija, La Paz, Chuquisaca y Oruro. Las diferentes ecorregiones favorecen a la producción de arveja tanto en grano fresco como en vaina. A nivel nacional el rendimiento promedio en vaina verde es de 4500-5000 kg/ha y en grano seco de 1125-1250 kg/ha y una superficie cultivada de 33000 ha (Instituto Nacional de Estadística , 2018)

El departamento de Tarija reporta en promedio de 4,4 Ton/ha en grano verde y 1,1 ton/ha en grano seco. Las mayores áreas de producción se encuentran entre 1230 msnm., siendo las principales zonas de producción la comunidad de Sivingal que cultiva anualmente alrededor de 80 has con un rendimiento de 4,4 Ton/ha (Yakelin, 2021).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El siguiente trabajo de investigación se realizará una evaluación del vigor mediante laboratorio, de semillas de arveja proveniente de dos zonas muy productoras de Tarija analizar y evaluar el vigor de cada lote de semilla, de esa manera poder recomendar a los productores y saber cuál de las semillas tiene el porcentaje más alto en vigor.

JUSTIFICACION

La evaluación del porcentaje del vigor en semilla de arveja es fundamental para determinar su calidad fisiológica, especialmente en contexto donde las condiciones agroecológicas varían significativamente entre las regiones productoras.

Al momento de adquirir semillas de arveja provenientes de dos zonas productoras del departamento de Tarija, se busca identificar cuál de ellas ofrece mejores condiciones para la producción de semilla de alta calidad. Esta evaluación contribuirá a fortalecer la cadena productiva de la arveja en Tarija promoviendo una agricultura más eficiente, sostenible y rentable.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el porcentaje de vigor de semillas de arveja (*Pisum sativum* L.) provenientes de Yesera y Sivingal del departamento de Tarija, con el fin de determinar sus atributos de calidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el porcentaje de germinación y la velocidad de germinación de semillas de arveja proveniente de dos zonas (Yesera – Sivingal) sometidas a dos tiempos de envejecimiento acelerado (48 y 72 horas) bajo condiciones de laboratorio según normas ISTA.

- Evaluar la longitud de la plántula y longitud de raíz (cm) de las semillas germinadas en función de zonas y tiempos de envejecimiento acelerado (48 y 72 horas).
- Analizar el índice de vigor de las semillas sometidas a condiciones extremas en laboratorio de semillas del iniaf.

HIPÓTESIS

Existe una diferencia significativa en el porcentaje de vigor de las semillas de arveja procedentes de dos zonas productoras del departamento de Tarija.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Origen

Menciona que los historiadores creen que el principal centro de desarrollo de la arveja fue Asia central, incluyendo el Nor - oeste de la India y Afganistán. Una segunda área de desarrollo queda en el Oriente, y una tercera incluye la meseta y montañas de Etiopía. Las arvejas silvestres de especies emparentadas todavía se pueden encontrar en Afganistán, Irán y Etiopía (Ricalde, 2022).

1.2. Importancia del cultivo

La arveja es una planta herbácea de las leguminosas, de tallo trepador y fruto en vaina cilíndrica con semillas esféricas. Es asimismo una alternativa de cultivo durante la época invernal. Una leguminosa muy aceptada a nivel mundial, por ser rica en hierro y proteínas, apta para el consumo humano y animal, lo que ha dado el interés al cultivo. Constituye una actividad de gran importancia en Bolivia, pues proporciona un alimento de elevado contenido proteico (20-25%), sus raíces en simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium* fijan el nitrógeno atmosférico en los suelos, el cual es aprovechada por la misma planta y por cultivos subsiguientes en un sistema de rotación de cultivos. La arveja en estado verde es apetecida para el consumo humano por ser un alimento de contenido elevado en minerales como P y Fe y de vitaminas A, C y B1 especialmente, y también se destaca como fuente importante de fibra, sacarosa y aminoácidos, incluyendo lisina (studocu , s.f.).

1.3. Distribución Del Cultivo

1.3.1. Superficie cultiva de arveja en distintas zonas del mundo

Los cinco principales productores del mundo conforman el 70% de la producción total, siendo liderados por Canadá, con alrededor del 30%, seguido en orden de importancia por Rusia, China, Estados Unidos e India. Si bien, la producción mundial es oscilante, el clima tiene un rol preponderante, ubicándose en torno a las 10 u 11 millones de toneladas, tomando la forrajera y amarilla, para lo cual se destinan una superficie

cercana a los 6,2 millones de hectáreas. Canadá es el principal exportador con cerca del 60% del total, comprendiendo los embarques de arveja amarilla entre el 70% y 80% de sus exportaciones. India también es un importante productor, pero necesita recurrir a la importación para cubrir sus propias necesidades. Lidera la demanda de arveja, con el 36% del total mundial. Tanto India, China como Bangladesh, son los principales importadores de arveja amarilla. La participación de este producto en el total de importaciones de arvejas para el conjunto de estos tres países asiáticos, estaría alcanzado unos 1,8 millones de toneladas anuales. Cabe destacar que en general, todos los países consumen las dos variedades de arvejas, sea en su destino como alimento humano o en la alternativa de forraje. Sin embargo, se puede considerar que la variedad amarilla, con mayor participación en el comercio mundial, tiene preferencia en los países asiáticos y las variedades verdes en Europa y América Latina (Bernardi L. , 2017).

1.3.2. Superficie y rendimiento de arveja verde y semilla en Bolivia

En Bolivia existe una superficie cultivada de arveja verde de 16,322 hectáreas con una producción de 452.217 quintales en la gestión 2023. Cochabamba es el departamento con mayor producción con una superficie de 3.676 hectáreas con una producción de 104.347 quintales, el Municipio de Pojo es el mayor productor de arveja en el departamento de Cochabamba con una superficie de 770 hectáreas con un rendimiento de 21,107 quintales. La producción de semilla de arveja en Bolivia se ubica un promedio de 2.000 a 3.500 kg/Ha (Sistema Integrado de Informacion Productiva , 2023).

1.3.3. Superficie y rendimiento de la arveja y semilla en el departamento de

Tarija

En el departamento de Tarija existe una superficie cultivada de arveja de 3.201 hectáreas con una producción de 102.173 quintales. El municipio de Entre Ríos es el mayor productor de arveja en el departamento de Tarija con una superficie cultivada de 1.669 hectáreas con una producción de 54.826 quintales y le sigue el municipio de

San Lorenzo con una superficie cultivada de 716 hectáreas con una producción de 22.826 quintales (Sistema Integrado de Informacion Productiva , 2023).

Más de 200 familias que se dedican al cultivo de arveja en el departamento y actualmente destinan su producción a La Paz, Sucre y Potosí. Están produciendo 2 mil quintales de semilla de arveja (El Pais , 2021).

1.4. DESCRIPCIÓN TAXONOMÍA

Reino: Vegetal

Phylum: Telemophytae

División: Tracheophytae

Sub división: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub clase: Dicotyledoneae

Grado Evolutivo: Archichlamydeae

Grupo de Ordenes: Corolinos

Orden: Rosales

Familia: Leguminosae

Sub familia: Papilionoideae

Nombre científico: *Pisum sativum* L.

Nombre común: Arveja

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2025)

1.5. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

1.5.1. Características morfológicas

Pertenece a la familia de las Leguminosas; su nombre botánico es *Pisum sativum*. Es planta anual herbácea. Desde que nacen las plantas hasta que se inicia la floración, cuando las temperaturas son óptimas, suelen transcurrir entre 90 y 140 días, según variedades. (Gustavo, 2024)

1.5.1. Raíz

La arveja posee una raíz principal pivotante y raíces laterales que se ramifican. La capacidad de profundización de su sistema radicular no resulta tan acentuada como las de otras leguminosas, por lo que esta planta requiere bastante agua (Romero, 2015).

1.5.2. Tallo

Los tallos son débiles, angulares o redondos y huecos, en las que pueden ser del tipo enanos que están entre los 15 a 90 cm, medios 90a 150 cm y altos de 150 a 200cm de altura. Se menciona que los tallos de las arvejas son de grosor y longitud muy diversas, según las especies, más o menos ramificados trepadores y rastreros, generalmente desnudos. ■ sostiene que los tallos son cilíndricos, huecos y lisos; más o menos ramificados, de porte erecto y también trepador. Presentan 10 a 35 nudos que son de crecimiento enano, medio y alto. Las ramas, tienen posición lateral se presentan tres ramas principales y de estas pueden derivarse otras más sobre todo en las de crecimiento mediano (Valdez, 2017).

1.5.3. Hojas

Constituida por dos estípulas que abrazan al tallo en la parte basal, de cuatro a seis foliolos opuestos lanceolados o alternos y, en la parte terminal, los zarcillos, que varían de tres a cinco y de los que se vale la planta para treparse. Las estípulas son de mayor tamaño que los foliolos; en cultivares que producen granos de mayor tamaño habitualmente los foliolos y las estípulas son grandes (Pacheco, 2024).

1.5.4. Flores

Aparecen solitarias, en pares o en racimos axilares, generalmente aisladas, de color blanco, púrpura o violáceo, según el material. Cada punto donde se observa una inflorescencia se denomina nudo reproductivo. El número de nudos reproductivos que producen las plantas está muy influenciado tanto por condiciones ambientales, como por el manejo del cultivo; así, los cultivares semiáridos producen un mayor número de nudos reproductivos a diferencia de los cultivares precoces (Galindo Pacheco, 2024).

1.5.5. Inflorescencia

Corresponde a un racimo axilar largamente pedunculado; en la axila de la hoja de cada nudo reproductivo y en forma alterna, se desarrolla un racimo floral. El número promedio de flores por racimo o por nudo es una característica genética estable, en este sentido la mayor parte de los cultivares produce de dos a tres flores por racimo, aunque existen cultivares comerciales cuya producción promedio puede alcanzar a cuatro flores (Cardenas, 2010).

1.5.6. Fruto o vainas

El fruto es una vaina lineal, bivalva, con una ligera curvatura, más o menos gruesa, de forma cilíndrica o aplanada puede contener de dos a diez semillas, La vaina puede ser rugosa o lisa y los colores varían de verde oscuro, verde claro, verde blanquizco, verde azulado o grisáceo. Su longitud puede variar entre 4 y 12 cm y su ancho entre 1 y 2 cm (Rojas, 2018).

1.5.7. Semilla

La semilla es de forma esférica o angulosa, de diámetro variable, lo que determina distintos tamaños de semilla según los cultivares: grano chico (menos de 8 mm), grano mediano (8 a 10 mm), grano grande (más de 10 mm). El peso de la semilla 1000 semillas varía entre 150y 300 gramos. Las semillas lisas tienen cotiledones con mayor contenido de glucosa y dextrina, sus tegumentos no quedan totalmente adheridos a los cotiledones, los granos rugosos son más dulces y son usados para grano verde (Anchivilca, 2018).

1.6. FISIOLOGÍA

1.6.1. Pre germinación

En condiciones adecuadas de temperatura y de humedad de la semilla comienza embeber agua a través de la testa y el micrópilo, aumentando gradualmente de tamaño hasta el segundo día, luego comienza un proceso de gran actividad para posteriormente germinar. Existe pérdida de la permeabilidad de las membranas, la que provoca que una serie de exudados constituidos de glucosa, sacarosa, fructosa y maltosa se difundan en la superficie circundante e induzcan la germinación (Aucapiña, 2021).

1.6.2. Germinación y Emergencia

La germinación es hipogea, los cotiledones quedan bajo tierra. Consta de dos fases:

Primera fase: Se produce una absorción rápida de agua por parte de los cotiledones y del embrión, con duplicación del volumen de la semilla; esta fase dura aproximadamente un día.

Segunda fase: Hay absorción lenta de agua y aumento de la actividad metabólica, emergencia de la radícula, del epicótilo entre los cotiledones, la plúmula se mantiene curvada (protegida), se endurezca y sale la primera hoja.

Emergencia: en la plántula, el crecimiento temprano de la raíz hace que las reservas del cotiledón vayan principalmente a ella y que esta se desarrolle bien antes de la expansión de la primera hoja verdadera. Las temperaturas bajas favorecen más el crecimiento de la raíz que el del tallo. (Maraz Condori, 2024).

1.6.3. Formación de hojas verdaderas

Una vez que ha emergido la pequeña planta, comienza a desarrollarse el primer par de hojas verdaderas a la vez que se desprenden los cotiledones o falsas hojas. Esta emergencia ocurre a los 10 o 15 días de la siembra, la plúmula proporciona el paso al primer par de hojas verdaderas; a partir de ese momento se hace visible el epicótilo, estructura que lleva consigo dos hojas rudimentarias llamadas brácteas trifidas. (Julio, 2015)

1.6.4. Desarrollo vegetativo

Empieza cuando la planta desarrolla las primeras hojas verdaderas, sucesivamente se forman los nudos vegetativos y el tallo principal comienza a ramificarse a partir 8 del segundo nudo. El crecimiento del tallo continua, las hojas, foliolos y zarcillos van apareciendo y las ramas se desarrollan igual que el tallo principal, pero de menor tamaño. Esta fase se cumple entre tres y seis semanas según el tipo y la variedad de arveja (Timetoast , 2020).

1.6.5. Floración

Se inicia unos 20 días antes que se visualicen flores en el ápice. Si las flores que se forman en las yemas axilares son más que en el meristema apical, las plantas son indeterminadas. Para medir la floración en la arveja, se toma el tiempo de floración (días desde la siembra hasta la apertura de la primera flor); la altura de floración (el número del nudo en el cual aparece la primer flor - el nudo cotiledonal es el número cero) y el momento de iniciación floral (días desde la siembra hasta la aparición del primer primordio floral en el meristema apical, lo que se ve microscópicamente) (Universidad Nacional de Luján, s.f.).

1.6.6. Crecimiento de vainas

Una vez que ocurre el proceso de fecundación, los pétalos de la flor vuelven a cerrarse envolviendo al ovario fecundado. Inmediatamente a continuación los pétalos se marchitan, para luego desprenderse y dejar en evidencia una vaina pequeña que porta rudimentos del estilo en su ápice, Por otra parte, los filamentos de los estambres rodean inicialmente a la vaina, pero prontamente se secan y caen. Las vainas o legumbres

corresponden a frutos, cada uno de los cuales está compuesto por dos valvas que conforman el pericarpio; las vainas presentan un ápice agudo o truncado y un pedicelo corto que puede ser recto o curvo. Dependiendo del cultivar y de su posición en la planta, las vainas pueden contener entre 3 y 10 semillas; su longitud puede variar entre 4 y 12 cm y su ancho entre 1 y 2 cm. Inicialmente, las vainas manifiestan su crecimiento solamente a través de un aumento en su longitud y en su ancho; posteriormente, se incrementa el grosor de sus paredes, comenzando a aumentar el tamaño de su cavidad aproximadamente 10 días después de la antesis; las vainas, sin embargo, se mantienen planas en apariencia hasta que alcanzan su máxima longitud. En forma previa al inicio del crecimiento de los granos, las vainas van desarrollando un tejido fibroso al interior de sus valvas que corresponde al endocarpio o pergamino (Universidad Católica de Chile, s.f.).

1.6.7. Crecimiento y llenado de granos

La división celular en los granos comienza poco antes que las vainas alcancen su longitud máxima, existiendo un traslape entre la fase de término del crecimiento de las vainas y la etapa inicial del crecimiento de los granos. Los granos, que durante los primeros días crecen muy lentamente, entran muy pronto en una fase de rápido crecimiento, el cual se manifiesta mediante un abultamiento de las vainas; éste se va haciendo cada vez mayor, producto del crecimiento progresivo de los granos. La cavidad de las vainas se llena prácticamente en forma completa cuando los granos alcanzan el estado de madurez para consumo en verde. comienzan a mostrar un leve arrugamiento exterior, el cual va aumentando rápidamente; a la par con el

arrugamiento, las vainas van perdiendo poco a poco la clorofila, y por lo tanto, su color verde característico. Los granos, por su parte, al alcanzar aproximadamente un 62 a 63% de humedad comienzan a mostrar signos de arrugamiento; esto ocurre, de acuerdo con las pérdidas diarias de humedad antes señaladas, 5 a 7 días después que los granos logran su madurez óptima para consumo en verde. Posteriormente, se alcanza la madurez fisiológica, estado que, dependiendo del cultivar, se logra cuando las semillas alcanzan una humedad de 52 a 54%; por último, las semillas se van secando y endureciendo rápidamente hasta alcanzar su madurez de cosecha. Las vainas, por otra parte, al alcanzarse el estado de madurez fisiológica, presentan un aspecto rugoso y un color predominantemente amarillo claro, las semillas, en tanto, presentan un color verde grisáceo, con mayor o menor expresión de verdor según el cultivar, también hay cultivares cuyas semillas son de color amarillo (Universidad Católica de Chile, s.f.).

1.7. SEMILLA

Las semillas son la base del crecimiento de nuevas plantas. Permanecen latentes hasta que reciben las condiciones adecuadas para germinar, como luz solar, agua y suelo. cada semilla contiene tres componentes principales (Vedantu, 2025).

1.7.1. La cubierta de la semilla

La testa es la capa externa que protege la semilla y desempeña funciones importantes relacionadas con la latencia y la germinación. Es la parte visible de la semilla; puede ser gruesa, lisa, texturizada y presentar diversos colores. Durante la dormancia, protege las estructuras internas de plagas y posibles depredadores. Si bien suelen ser

semipermeables, están diseñadas para impedir la entrada de bacterias, hongos o virus (Vegetable , 2022)

1.7.1.1. Partes de la cubierta de la semilla

Testa: Es la capa exterior de la semilla y constituye la mayor parte de la cubierta seminal. Es la gruesa capa protectora de la cubierta seminal.

Tegmen: Es una capa más delgada que se encuentra debajo de la testa y encima de las partes internas de la semilla.

Micrópilo: Se trata de un pequeño poro que facilita la entrada de agua. A menudo es visible en algunas cubiertas de semillas.

Hilo: Se trata de una pequeña “cicatriz” en la cubierta de la semilla que marca el lugar donde la semilla estaba unida al resto del fruto (Vendatu , 2025)

1.7.2. Embrión de la semilla

Debajo de la cubierta seminal se encuentra el embrión; sin duda, es la parte más importante de la semilla. Todas las demás partes de la semilla están destinadas a proteger y asegurar la supervivencia del embrión, ya que contiene los tejidos primitivos que darán origen a todas las partes futuras de la planta. Todas las hojas y raíces que se observan en una planta desarrollada se originaron a partir de estas células embrionarias (Vegetable , 2022)

1.7.2.1. Estructuras de un embrión

Cotiledón: En muchas semillas, los cotiledones constituyen la mayor parte, tanto en volumen como en masa. Las dicotiledóneas, como los tomates y arvejas contienen dos cotiledones, Los cotiledones actúan como reservas de nutrientes y energía, y son importantes para nutrir la semilla en desarrollo durante la germinación. En muchas especies vegetales, los cotiledones se elevan sobre la superficie del suelo y realizan la fotosíntesis para promover aún más el desarrollo de la planta. En otras plantas, los cotiledones permanecen bajo tierra y nutren a las plantas en desarrollo desde allí.

Epicótilo e hipocótilo: El epicótilo y el hipocótilo son tejidos del tallo ubicados a ambos lados de los cotiledones en una plántula en desarrollo. El hipocótilo se encuentra debajo de los cotiledones y se une a la raíz embrionaria. El epicótilo se ubica justo encima de los cotiledones y sostiene la plúmula.

Plúmula: La plúmula se ubica en el ápice del epicótilo y suele tener forma de pequeña pluma. Dentro de sus tejidos se encuentran los meristemas, que se desarrollarán en todas las ramas y hojas de la planta. En general, todos los tejidos aéreos que observamos en una planta se originan en el epicótilo.

Radícula: También conocida como raíz embrionaria, la radícula es la primera raíz que emerge de una semilla en desarrollo. Suele hincharse hasta alcanzar un tamaño considerable y su primera función es fijar la semilla al suelo. Una vez en el suelo, la radícula comienza a desarrollar pelos radiculares, que absorben agua y nutrientes. En algunas plantas, la radícula se convierte en una raíz principal que fija profundamente la planta y alcanza los nutrientes subterráneos (InfoAgro , 2020)

1.7.3. El endospermo

El endospermo está presente en las semillas de muchas plantas con flores y actúa como órgano de reserva para el embrión en desarrollo. Contiene principalmente almidones, pero también grasas, minerales y demás nutrientes necesarios para el crecimiento. Si bien forma parte de la anatomía básica de todas las semillas, su función y abundancia varían considerablemente entre dicotiledóneas y monocotiledóneas.

1.7.4. Endospermo en dicotiledóneas: Si bien las dicotiledóneas (aquellas con dos cotiledones, como tomates y arveja) contienen endospermo, en la mayoría de las especies esta parte de la semilla está poco desarrollada. Durante el desarrollo de estas semillas, los nutrientes del endospermo se movilizan rápidamente hacia los cotiledones, que reemplazan la función del endospermo. Algunas dicotiledóneas se consideran «dicotiledóneas endospermicas», lo que significa que sí contienen endospermo bien desarrollado (Britannica , 2021)

1.8. VARIEDADES

Tabla: 1 Variedades

N°	N° REGISTRO	VARIEDAD	OBTENTOR	PROCEDENCIA	DEPARTAMENTAL INIAF
1	RV-AV-101-97	Arvejón yesera	INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA - IBTA	Bolivia	TARIJA
2	RV-AV-104-97	Blanca Criolla-94	INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA - IBTA	Bolivia	TARIJA
3	RV-AV-103-97	Cuarentona	INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA - IBTA	Bolivia	TARIJA
4	RV-AV-1007-10	GRANIZO	ASPAIA	Bolivia	LA PAZ
5	RV-AV-105-02	Pairumani 1	CENTRO DE INVESTIGACIONES FITOECOGENÉTICAS PAIRUMANI - CIFP	Bolivia	COCHABAMBA
6	RV-AV-106-02	Pairumani 2	CENTRO DE INVESTIGACIONES FITOECOGENÉTICAS PAIRUMANI - CIFP	Bolivia	COCHABAMBA
7	RV-AV-102-97	San Benito - 2	INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA – IBTA	Bolivia	TARIJA

(Iniaf , 2024).

1.9. CARACTERISTICAS EDAFOCLIMATICAS DEL CULTIVO

1.9.1. Clima y Temperatura

La arveja (*Pisum sativum* L.), en cuanto a temperatura requiere de un clima fresco, pero no excesivamente frío. La temperatura mínima de germinación de la semilla es de unos 4°C y la máxima de 24°C. Para que los resultados del cultivo sean óptimos las temperaturas medias deben oscilar entre los 13 y 18°C. Las plantas pueden tolerar heladas en el estadio vegetativo, pero las heladas en el momento de la floración pueden causar importantes pérdidas en las vainas y producir semillas deformadas y descoloridas. Las temperaturas superiores a los 27°C acortan el período de crecimiento y afectan adversamente a la polinización (Meneses, 2018).

1.9.2. Altitud

El cultivo de la arveja se cultiva se desarrolla óptimamente entre los 1700 a 3200 metros sobre el nivel del mar (Noel, 2017).

1.9.3. Precipitación

La arveja requiere un periodo de lluvias uniformemente distribuido, preferiblemente entre los 800 y 1,000 mm al año. El cultivo de la arveja es muy sensible a la sequía, requiriendo áreas donde exista buena disponibilidad de riego y suelos de muy buena capacidad de retención de humedad (VíctorAntonio, 2018).

1.9.4. Suelo

La arveja es una especie que requiere un suelo bien drenado, profundo y con una buena textura, rico en nutrientes fácilmente digeribles y con una reacción ligeramente ácida o neutra. Los mejores resultados se obtienen en suelos con un pH entre 6 y 7,5 y bien

drenados, que proporcionen una adecuada aireación y, por tanto, suficiente capacidad de captación y almacenamiento de agua para permitir el normal abastecimiento, especialmente en su período crítico (floración y abultamiento de vainas). Un drenaje deficiente que provoca el "inundaciones", incluso durante un breve período de tiempo después de la lluvia o el riego, es una causa decisiva del subdesarrollo y, en muchos casos, de pérdidas por enfermedades (Adriana, 2023).

1.10. PROCESO PRODUCTIVO

1.10.1. Densidad de siembra y Profundidad

La densidad de la siembra de la arveja esta entre los 80 a 10 kg. Por hectárea según la variedad. Siembra por hoyos: entre semillas de 10 a 20 cm, entre surcos de 30 a 40 cm, por hoyo van de 3 a 4 semillas. Siembra a chorro continuo: entre semilla 3 a 7,5 cm, entre surco de 40 a 60 cm. En ambas formas de siembra, la semilla debe encontrarse a una profundidad de 4 a 5 cm. Si se realiza la siembra con una densidad reducida trae como consecuencia un mayor desarrollo de las plantas y una menor incidencia de enfermedades. Si la finalidad de este cultivo es producir o contar con etapa para la siembra del próximo año debe considerarse no mezclar semillas de diferentes variedades en una misma parcela, debido a que la arveja se reproduce por polinización - cruzamiento (viento o insectos) puede generar arvejas híbridas o mezcladas que bajen el rendimiento del cultivo (Matias, Cultivo de Arveja, s.f.).

1.10.2 Época de siembra

En zonas altas (mayores a 2500 m.s.n.m.) Altiplano se recomienda sembrar en el mes de agosto, debido a que estas zonas contarán con lluvia durante los meses de

producción y evitar las heladas más frecuentes que son características de estas zonas. En zonas bajas (menores de 2500 m.s.n.m.) Valles y cabeceras de valles se pueden realizar dos siembras al año, si cuentan con riego para la época seca. La primera siembra entre los meses de enero y abril siendo una producción bajo riego (Matias, Cultivo de Arveja, s.f.).

1.11. DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DE UNA SEMILLA

La semilla son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tiene 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. Las reservas energéticas de la semilla son: grasas, carbohidratos y a veces proteínas, que sostendrán a la futura planta durante sus primeras etapas de vida. Estas reservas, pueden encontrarse en diferentes tejidos o en el mismo embrión. La semilla se forma a partir del rudimento seminal, localizado en el ovario de las flores, tras producirse la fecundación por los granos de polen. (Condori M. , 2024)

1.11.1. Importancia de la calidad de semilla

El concepto calidad de semilla, expresa el grado en que un determinado lote de semillas (cantidad determinada de semilla de una variedad, de origen y trazabilidad conocida, y registrado con un número de referencia único), cumple con las normas establecidas respecto a ciertos parámetros que determinan la calidad de las mismas. (Infoagro , 2020)

1.11.2. Calidad genética

Se refiere a las características genéticas inherentes de la semilla. Esto incluye las características deseables de la planta madre, como el rendimiento, la resistencia a enfermedades, la adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, el tamaño de la planta, el ciclo de crecimiento, el color de los frutos, entre otros. Un buen atributo genético asegura que la semilla tenga las características genéticas necesarias para producir plantas de alta calidad y productivas (Cultivada , s.f.).

1.11.3. Calidad física

Afectada por la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto de la semilla deseable. Estos contaminantes pueden ser: materiales inertes, insectos, semillas de otras especies. También comprende la integridad física de la semilla (semilla quebrada), tamaño, peso de 1.000 semillas y contenido de humedad (Inase Uruguay , s.f.).

1.11.4. Calidad fisiológica

Capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. El momento en el que una semilla en desarrollo alcanza la madurez fisiológica es cuando llega a la máxima viabilidad. A partir de ese momento comienza a envejecer o perder vigor, porque está expuesta a condiciones ambientales no siempre favorables y si bien su metabolismo es reducido, sigue respirando y gastando energía para mantener sus funciones vitales. Por ello, el ambiente en que se almacene debe ser seco y fresco (Inase Uruguay , s.f.).

1.11.4.1. Homogeneidad

Hace referencia a la uniformidad de un lote de semillas, es decir, cómo de iguales son las semillas atendiendo fundamentalmente a la forma, color, peso, etc. La falta de homogeneidad dará lugar a problemas de nascencia. (InfoAgro , 2020)

1.11.4.2. Dormición o latencia

Son periodos durante los cuales las semillas no son capaces de germinar, aun poniéndolas en condiciones óptimas. (Cortez, 2021)

1.11.4.3. Poder germinativo

Hace referencia al porcentaje de semillas que es capaz de germinar si se siembran en condiciones óptimas de temperatura, humedad y luz. Si una semilla es viable, y no presenta latencia, germinará cuando se la ponga en las condiciones adecuadas de humedad, luz y temperatura. Por ello se acepta que la capacidad o el poder germinativo de un lote de semillas es un reflejo directo de su viabilidad. (Fernandez, 2021)

1.11.4.4. Vigor

Se puede definir como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante el proceso de germinación y la posterior emergencia de las plántulas. El vigor de un determinado lote de semillas va a ser el resultado de la interacción de determinados factores, tales como: la constitución genética, la condiciones nutricionales y ambientales que ha tenido la planta madre durante el proceso de formación, el grado de madurez de la semilla, el tamaño, peso y densidad, la integridad mecánica, el deterioro y envejecimiento del lote de semilla y la contaminación por organismos patógenos (Urbano, 2020).

1.11.5. Calidad Fitosanitaria

El atributo sanitario se refiere a la ausencia de enfermedades y patógenos en la semilla. Una semilla de calidad debe estar libre de patógenos, como hongos, bacterias o virus, que pueden causar enfermedades en las plantas y disminuir su rendimiento. La presencia de patógenos en las semillas puede propagar enfermedades a los cultivos y tener un impacto negativo en la producción. Por lo tanto, una semilla sanitariamente sana es esencial para garantizar cultivos saludables y productivos. Estos atributos son evaluados para determinar la calidad de la semilla y su potencial para producir plantas saludables y productivas. Al seleccionar semillas con buenos atributos en cada categoría, los agricultores pueden maximizar sus posibilidades de éxito y obtener resultados óptimos en sus cultivos (Cultivida , s.f.).

1.12. CALIDAD FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA

1.12.1. Germinación

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 desarrollarse en una planta satisfactoria en condiciones favorables en el campo (ISTA, Regla internacional para analisis de semilla , 2021)

1.12.2. Semilla germinada

Según las normas ISTA (International Seed Testing Association), una semilla de arveja (*Pisum sativum* L.) se considera germinada cuando las primeras hojas verdaderas

emergen por encima del nivel del suelo. En el caso de las semillas hipogeas como la arveja, este criterio se aplica debido a que, durante la germinación hipogea, los cotiledones permanecen bajo tierra mientras que el epicótilo se alarga y eleva las primeras hojas verdaderas hacia la superficie del suelo. Esto contrasta con la germinación epigea, donde los cotiledones emergen fuera del suelo junto con el epicótilo.

1.13. VIGOR

El vigor de un lote de semillas se define como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante la germinación y posterior emergencia de las plántulas. Las semillas con buen comportamiento se consideran semillas de alto vigor (Garcia, 2025).

1.13.1. Causas de vigor alto

Factores genéticos

Variedad o cultivar: Algunas especies y variedades poseen naturalmente mayor vigor debido a su herencia genética.

Adaptación genética: Semillas provenientes de plantas adaptadas a las condiciones locales suelen mostrar mejor desempeño y vigor.

Condiciones ambientales

Una planta bien nutrida (especialmente en nitrógeno, fósforo y potasio) forma semillas con más reservas energéticas. Condiciones favorables de temperatura, humedad y luz durante el llenado del grano aumentan la calidad fisiológica de la semilla.

Factores fisiológicos

Semillas que alcanzan su madurez fisiológica (máximo contenido de materia seca y reservas) presentan alto vigor. Semillas secas, pero no deshidratadas en exceso, conservan mejor su vigor (Prado, 2020).

1.13.2. Causas de vigor bajo

Factores genéticos

Baja pureza genética: La mezcla de genotipos en un mismo lote provoca desuniformidad en germinación y crecimiento.

Pérdida de adaptabilidad: Semillas obtenidas de plantas cultivadas fuera de su zona óptima muestran bajo vigor al no estar adaptadas al ambiente de producción.

Factor fisiológico

Si la semilla se cosecha antes de alcanzar la madurez fisiológica, el embrión no se desarrolla completamente.

Factores ambientales

La falta o exceso de agua durante el llenado del grano reduce la acumulación de materia seca y afecta el desarrollo del embrión. El calor excesivo acelera la deshidratación y puede provocar inmadurez fisiológica; el frío retrasa el desarrollo del grano. Falta de nitrógeno, fósforo o potasio limita la formación de reservas y proteínas.

Factores de manejo

Daños mecánicos al embrión reducen la germinación. Humedad alta y temperatura elevada favorecen la respiración y el desarrollo de hongos.

Factores sanitarios

Infección por hongos, bacterias o virus (*Fusarium spp.*, *Alternaria spp.*). Daño por insectos en almacenamiento (gorgojos, polillas).

Deterioro por envejecimiento

Semillas viejas pierden integridad de membranas y energía metabólica (Mario R, 2020)

1.13.3. Pruebas de vigor

Se han desarrollado varios estudios para probar el vigor, pero no existe un método estandarizado que pueda recomendarse para todas las especies. Entre las pruebas de vigor existentes, la prueba de envejecimiento acelerado es una de las más extendidas (soya, arveja, sorgo, frijol, maíz, trigo, algodón) por su precisión y sensibilidad en detectar diferencias de calidad entre lotes de semillas con germinación similar (Tecnología Agrícola , 2021).

1.13.4. Envejecimiento acelerado

Reconocida como una de las pruebas más utilizadas para evaluar el potencial fisiológico de las semillas, tiene como objetivo evaluar el grado de tolerancia de las semillas a la alta humedad relativa y temperatura, considerando que las semillas de mayor vigor tienen mayor germinación después de este procedimiento. Para su realización, las semillas se colocan en recipientes que contienen agua o solución salina (según el tipo de protocolo) y se envejecen en una cámara de envejecimiento con una

temperatura ajustada según las necesidades de cada especie, seguido de la prueba de germinación. Prueba de envejecimiento acelerado (soya): las semillas se distribuyen en una sola capa sobre una pantalla de acero inoxidable insertada en cajas de plástico (11x11x3.5cm), que contienen 40 ml de agua destilada (para obtener aproximadamente un 100% de humedad relativa del aire). Las cajas cerradas se envasan en una cámara de envejecimiento acelerado con una temperatura 41 ± 1 °C durante 48 a 72 horas. Posteriormente, las semillas se someten a la prueba de germinación, evaluándose el porcentaje promedio de plántulas normales (Proain Tecnología Agrícola , 2021).

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

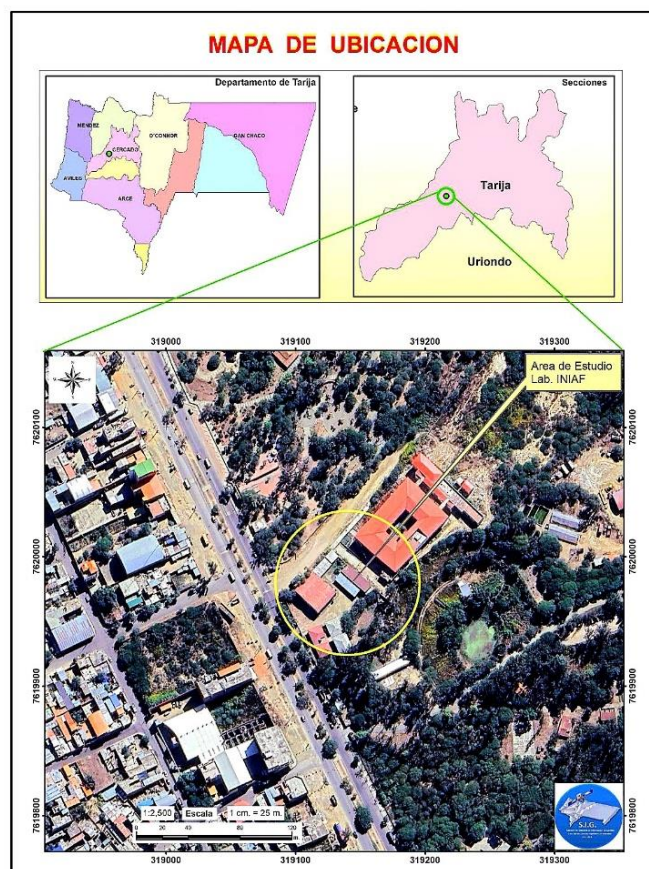
CAPITULO II

MÉTODOS Y MATERIALES

2.1. Localización y Ubicación del Trabajo

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de semillas del INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal) en la ciudad de Tarija. El laboratorio está ubicado en el kilómetro 2.5 de la carretera a Tomatitas, en la provincia Cercado del departamento de Tarija, al sur de Bolivia.

Figura: 1 Localización



Fuente: (Gabinete SIG de la F.C.A. y F, 2025)

2.2. Ubicación geográfica donde se realizó el trabajo

Se encuentra entre un área en la cual tiene como coordenada. Latitud sur: 21° 31' 17", longitud oeste: 64° 43' 41" y una altitud: 1.876 metros sobre el nivel del mar

2.3. Características agroecológicas de la zona Yesera

La comunidad de Yesera tiene un clima frío, semi árido, con temperaturas máximas de 23.6°C y mínimas de 9.2°C con un promedio anual de 14.9°C. La precipitación promedio anual es de 662 mm/año y la humedad relativa es de 57 a 60% con una altura promedio de 2.277m.s.n.m. (Angel, 2020)

Precipitación media anual: 657,8 mm

Temperatura Max. Media: 25,9°C

Temperatura min. Media: 9,7°C

Humedad relativa: 68%

2.3.1. Principales cultivos de la zona

Tabla: 2 Cereales más Comunes en la Zona de Yesera

Nombre común	Nombre científico
Maíz	Zea mays L.
Avena	Avena sativa L.
Trigo	Triticum aestivum

Herbario Universitario (T.B.), 2018. (Alejandro, 2018)

Tabla: 3 Frutícolas más Comunes en la Zona de Yesera

Nombre común	Nombre científico	Familia
Duraznero	Prunus pérsica (L) Batsch	Rosaceae
Vid	Vitis vinífera L.	vitaceae
Frutilla	Fragaria chiloensis Duch	Rosaceae
Membrillero	Cydonia oblonga Mill.	Rosaceae

Herbario Universitario (T.B.), 2018. (Condori C. , 2018)

Tabla: 4 Especies Arbóreas más Comunes en la Zona de Yesera

Nombre común	Nombre científico	Familia
Churqui	Acacia cavens (Mol.) Mol	Leguminosae
Molle	Schinus molle L.	Anacardiaceae
Sauce	Salix sp	Salicaceae
Eucalipto	Eucalyptus sp	Myrtaceae

Herbario Universitario (T.B.), 2018. (Condori, 2018)

2.4. Características agroecológicas de la zona Sivingal

Su clima se considera como cálido y templado con 19° C promedio y una precipitación que supera los 1000 mm anuales. En comparación con el invierno los veranos tienen mucha más lluvia, la menor cantidad de lluvia ocurre en agosto con 2 mm. y predominan los vientos norte, este y noreste.

La temperatura media anual es de 19°C, en verano 22,5°C y en invierno de 14,7°C con máximas que superan a los 40,9°C y mínimas extremas que bajan hasta -7,2°C. (Thomas, 2025)

2.4.1. Características de la zona

Aproximadamente el 80% del territorio provincial está cubierto por bosque de diferente tipología y potencialidad ubicados íntegramente en paisajes de serranías y colinas.

El 20% tiene cobertura de matorrales, pastizales y cultivos agrícolas, gran parte de esto coincide con los diferentes valles secos y húmedos. (Ponthieu, 2025)

2.4.2. Principales cultivos de la zona

Tabla: 5 Los principales cultivos en la zona de Sivingal

Nombre común	Nombre científico
Arveja	Pisum sativum L.
Durazno	Prunus pérsica
Maíz	Zea mays
Papa	Solanum tuberosum L.
Tomate	Solanum lycopersicom
Naranja	Citrus sinensis (L).
Mandarina criolla	Citrus reticulata

Fuente: (Herbario Universitario, 2022). (Verazati, 2022)

2.5. MATERIALES

2.5.1. Material vegetal

Semillas de arveja (Variedad Arvejón Yesera) provenientes de dos zonas Yesera Sud y Sivingal, utilizadas en la investigación

2.5.2. Material de laboratorio

- Estufa de secado
- Cámara de germinación
- Homogeneizador
- Determinador de humedad
- Cajas Petri
- Sustrato de papel
- Toalla re utilizable
- Sobre de papel
- Cajas platicas
- Malla metálica
- Agua destilada
- Probeta
- Bandejas de germinación
- Arena
- Balanza Analítica
- Pinzas
- Guantes de látex

- Barbijo
- Mandil de laboratorio
- Formulario de registro
- Tijeras
- Reglas
- Marcadores

2.5.3. Materiales de gabinete

- Computadora
- Hojas de papel
- Calculadora
- Bolígrafo
- Cámara fotográfica

2.6. METODOLOGÍA

2.6.1. Diseño experimental

El diseño experimental será bloques al azar con arreglo factorial(2x2) con 4 tratamientos y 4 repeticiones, con 16 unidades experimentales.

2.6.2. Descripción de los factores

- **Factor 1:** Zonas

(Z1) Zona de Yesera

(Z2) Zona de Sivingal

- **Factor 2:** Tiempos de envejecimiento acelerado

(T1) Tiempo 72 horas de envejecimiento acelerado

(T2) Tiempo 48 horas de envejecimiento acelerado

2.6.3. Descripción de los tratamientos

Tabla: 5 Descripción de los tratamientos

Zonas	Tiempos de (EA)	Tratamientos
Z1 (Yesera)	T1 (72 horas)	Z1-T1= T1
	T2 (48 horas)	Z1-T2= T2
Z2 (Sivingal)	T1 (72 horas)	Z2-T1= T3
	T2 (48 horas)	Z2-T2= T4

2.6.3.1. Descripción de los tiempos de envejecimiento acelerado

T1= Tiempo 72h (alta temperatura – alta humedad relativa)

T2= Tiempo 48h (alta temperatura – alta humedad relativa)

2.6.3.2. Leyenda de los tratamientos (4 combinaciones)

T1 = Zona 1 Yesera – Tiempo 72h (alta temperatura – alta humedad relativa)

T2 = Zona 1 Yesera – Tiempo 48h (alta temperatura – alta humedad relativa)

T3 = Zona 2 Sivingal – Tiempo 72h (alta temperatura – alta humedad relativa)

T4 = Zona 2 Sivingal – Tiempo 48h (alta temperatura – alta humedad relativa)

2.6.4. Procedimiento experimental

Tabla 6: Descripción de los tratamientos

T1 Zona1(Yesera) T1(72h)	T2 Zona1(Yesera) T2(48h)	T3 Zona2(Sivingal) T1(72h)	T4 Zona2(Sivingal) T2(48h)
T2 Zona1(Yesera) T2(48h)	T1 Zona1(Yesera) T1(72h)	T4 Zona2(Sivingal) T2(48h)	T3 Zona2(Sivingal) T1(72h)
T3 Zona2(Sivingal) T1(72h)	T4 Zona2(Sivingal) T2(48h)	T1 Zona1(Yesera) T1(72h)	T2 Zona1(Yesera) T2(48h)
T4 Zona2(Sivingal) T2(48h)	T3 Zona2(Sivingal) T1(72h)	T2 Zona1(Yesera) T2(48h)	T1 Zona1(Yesera) T1(72h)

2.6.5. Descripción del procedimiento

2.6.5.1. Recepción de semillas

Los lotes de semilla variedad arvejón yesera fueron provisionadas de dos productores semilleros Yesera Sud (Semillera Cira Condori), Sivingal (Semillera Elvira Aparicio). Fueron recepcionadas en el laboratorio de semillas INIAF.

2.6.5.2. Equipo para el envejecimiento

Cajas plásticas

Se utilizaron cajas de plástico con una medida (11.0 x 11.00 x 3.5cm de alto), también se utilizó una malla de aluminio con las medidas de los poros 1.89mm.

Dosificador de agua y cámara de envejecimiento

Se preparo 40 ml de agua destilada.

Se debe usar una cámara de envejecimiento capaz de mantener una temperatura constante de 41° C, colocar una bandeja de plástico o acero inoxidable en la base de la cámara y llenar de agua 40 ml para mantener la humedad relativa durante el envejecimiento, De acuerdo a las reglas establecidas por el ISTA.

2.6.5.3. Preparación de la muestra para el envejecimiento acelerado

Se procedió a realizar la homogenización tres veces por cada lote de semilla, se determinó el contenido de humedad de la muestra con dos repeticiones por cada lote.

Si el contenido de humedad está por debajo del 10,0 % o por encima de 14.0 %, debe ajustarse entre 10.0 y 14%, de acuerdo a las reglas establecidas por el ISTA.

Se preparo 400 semillas de un lote de la zona 1 Yesera, y otras 400 semillas de otro lote de la zona 2 Sivingal, para el proceso de envejecimiento acelerado.

2.6.5.4. Control de equipo y materiales

Antes de utilizar la cámara de envejecimiento se procedió a desinfectar utilizando una solución de hipoclorito de sodio o lavandina.

Control de la temperatura en la cámara de envejecimiento

Se calibro con precisión la temperatura la cámara de envejecimiento a una temperatura de 41° C usando un termómetro digital. La temperatura requerida de 41°C, se mantenido constante durante dos días.

Limpieza del equipo

Para evitar la contaminación por hongos, antes de cada análisis, lavar muy bien las cajas de plástico y mallas de envejecimiento acelerado (EA) usando una solución de hipoclorito de sodio. El interior de la cámara de envejecimiento debería lavarse al menos dos veces al año con una solución de hipoclorito de sodio, De acuerdo a las reglas establecidas por el ISTA.

2.6.5.5. Procedimiento de envejecimiento acelerado

Preparación de las cajas plásticas para EA y de las muestras de semillas

Se utilizaron 8 cajas plásticas, 4 cajas para un lote de semillas (Yesera) y otras 4 cajas para otro lote de (Sivingal). Se agrego 40 ml de agua destilada utilizando una probeta para cada caja plástica, sin hacer salpicar agua a la malla.

Las semillas deben disponerse formando una sola capa para garantizar una absorción uniforme de la humedad del ambiente húmedo, colocar una tapa (no sellar los bordes) en cada caja plásticas, De acuerdo a las reglas establecidas por el ISTA.

En la preparación de semillas se contaron 100 semillas para cada caja plástica, se tomó el peso inicial y peso final con una balanza analítica.

Las cajas de plástico con semillas deberían colocar en un estante de la cámara de envejecimiento permitiendo un espacio de aire entre ellas de aproximadamente 2,5 cm para garantizar la uniformidad de la temperatura, De acuerdo a las reglas establecidas por el ISTA.

Envejecimiento de semillas

Las cajas plásticas con semilla fueron colocadas en los estantes de la cámara de envejecimiento, teniendo cuidado de no hacer salpicar con agua sobre la superficie de la malla durante la manipulación. Se registro la hora y fecha cuando las cajas de plástico con semillas se colocaron dentro la cámara de envejecimiento, el periodo fue de 72 y 48 horas con una temperatura constante de 41°C.

La puerta de la cámara de envejecimiento no debe abrirse durante el periodo de envejecimiento de 72 y 48 horas, después que la temperatura se recupere a 41°C, se debe monitorear continuamente durante el envejecimiento para asegurarse de que permanezca en ese nivel, De acuerdo a las reglas establecidas por el ISTA.

Una vez retirada las muestras de la cámara de envejecimiento tenemos 1 hora sembrar las muestras en arena.

2.6.5.6 Preparación de germinación en área

Para este procedimiento, se preparó la arena en el recipiente donde se realizó el ensayo, en una cantidad moderada. Posteriormente, se humedeció con agua destilada hasta que adquirió una buena humedad. Luego, se colocaron las semillas a 2–2.5 cm de la pared del recipiente; las semillas se ubicaron con una distancia adecuada para asegurar su buen desarrollo. Después de colocar las semillas, se las cubrió con una capa ligera de arena, se volvió a añadir agua destilada y posteriormente se taparon para evitar la evaporación de la humedad. Finalmente, se llevó el recipiente a la cámara de germinación, que se mantuvo a una temperatura de 25 °C, con 50 % de humedad relativa, 12 horas de oscuridad y 8 horas con luz.

2.6.6. Variables a evaluar

Porcentaje de germinación

Este análisis se realizó según las especificaciones del ISTA.

Cada análisis de germinación consistió en lo siguiente: Todo el material de laboratorio a utilizar fue esterilizado previamente. Se partió de la semilla pura, se colocaron 100 semillas por réplica en sustrato arena, se humedeció uniformemente con agua desinfectada y las réplicas se colocaron en la cámara de germinación a 25 °C durante 8 días, de acuerdo a las reglas establecidas por el ISTA para estas semillas. Se calculo el % de germinación con la siguiente formula:

$$PG = \frac{\text{N° semillas germinadas}}{\text{N° semillas puestas a germinar}} \times 100$$

Velocidad de Germinación

Velocidad de germinación en número medio de días para germinar La velocidad de germinación se determinará utilizando la fórmula

$$M = \frac{\sum (ni)}{t}$$

M= Velocidad de germinación.

ni= Numero de semillas germinadas al día.

t= Número de días desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

Longitud de plántula (parte aérea)

Se medio la longitud de la plántula entre la radícula y la primera hoja verdadera.

Se utilizo una regla centimetrada para medir la longitud de cada plántula germinada, asegurando la consistencia en las mediciones y utilizando el estándar de ISTA para informar sobre el desarrollo de las plántulas.

Longitud de radícula

Se medio la longitud de la radícula, que es la primera estructura que emerge de la semilla durante la germinación. Se utilizo una regla milimétrica para medir la longitud de la radícula de cada plántula germinada, asegurando la precisión y consistencia en las mediciones.

Índice de vigor

El índice de vigor se determine con la siguiente formula:

$$IV = \frac{PG(\%) * A(cm)}{100}$$

PG= Porcentaje de germinación

A= Altura de plántula (cm) al final del ensayo.

$\% \text{ germinación} \times \text{longitud de plántula altura (cm)}$

Mayor valor indica mayor vigor.

2.6.7. Variables de respuesta

Porcentaje de germinación (%)

Número de semillas germinadas en relación con el total de semillas sembradas, expresado en porcentaje.

Índice de velocidad de germinación (semillas germinadas / días)

Estimación de la rapidez con la que germinan las semillas, calculado mediante fórmulas específicas.

Longitud de plántula parte aérea cuello (cm)

Se mide de unión con la radícula, hasta el punto donde se insertan las primeras hojas.

Longitud de la radícula (cm)

Medida del desarrollo de la raíz principal de las plántulas.

Índice de Vigor

Evaluación del crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas, considerando parámetros como desarrollo radicular, desarrollo de la de plántula y % de germinación.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Análisis fisiológico

3.1.1. Porcentaje de germinación (%)

Uno de los parámetros que define en gran medida la calidad de las semillas es su porcentaje de germinación, ya que un porcentaje ideal garantiza una adecuada población de plantas. Para evaluar este aspecto, se realizó un análisis de germinación con el objetivo de determinar el número máximo de semillas que pueden germinar bajo condiciones óptimas de luz, humedad y temperatura.

Para el estudio, se tomaron al azar 100 semillas con cuatro repeticiones (bandejas) y se utilizaron como sustrato arena, asegurando condiciones óptimas para la germinación y minimizando el riesgo de contaminación por hongos. El porcentaje promedio de germinación se calculó como la media de las cuatro réplicas, redondeada al número entero más cercano.

Con los datos obtenidos, se determinó el porcentaje de germinación y, a partir de los resultados, se clasificaron las semillas en cuatro categorías de calidad: Muy alta, Alta, Media, Baja.

Tabla 7: Calidad de semilla

CALIADAD	Muy alta	Alta	Media	Baja
GERMINACION	90-100	80-89	70-79	60-69

Fuente: (infoAgro , 2020)

Tabla 8: Porcentaje de germinación

TRATAMIENTOS	REPLICAS				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1=Z1T1	76	66	83	73	298	75
T2=Z1T2	75	83	86	78	322	81
T3=Z2T1	97	99	95	93	384	96
T4=Z2T2	94	100	96	99	389	97
SUMATORIA	342	348	360	343	1393	
BMEDIA	86	87	90	86		

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver en el cuadro que hay diferencia de porcentaje de germinación en el T4(zona sivingal - tiempo 48horas) con un porcentaje de germinación del 97%, respecto al porcentaje de germinación T1(zona yesera – tiempo 72 horas) de 75%, siendo el porcentaje más bajo de todos los tratamientos.

Tabla 9: Doble entrada, porcentaje de germinación

FACTORES	T1	T2	TOTAL	MEDIA
Z1	298	322	620	78
Z2	384	389	773	97
TOTAL	682	711	1393	
MEDIA	85	89		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro de doble entrada vemos que la Z2(Sivingal) tiene mayor porcentaje de germinación, con un 97% y la Z1(Yesera) que obtuvo un porcentaje de germinación del 78%.

Tabla 10: Análisis de varianza (ANOVA) porcentaje de germinación

Fuente de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrado medio	f-calculada	f-tabulada	
					5%	1%
Total	15	1802.94				
Tratamientos	3	1538.19	512.73	21.61***	3.86	6.99
Replicas	3	51.19	17.06	0.72 NS	3.86	6.99
Zonas	1	1463.06	1463.06	61.66***	5.12	10.6
Tiempos	1	52.56	52.56	2.22 NS	5.12	10.6
Inter. Z/T	1	22.56	22.56	0.95 NS	5.12	10.6
Error	9	213.56	23.73			

Fuente: Elaboración propia

NS = No es significativo

*= Significativo

*** = Altamente significativo

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de germinación tenemos que en las fuentes de variación de replicas, tiempos y la interacción entre zonas/tiempos no existe diferencias significativas, lo que nos indica que no existe variación.

Viendo en el análisis de varianza (ANOVA) la f-calculada es mayor que la f-tabulada para la variable del porcentaje de germinación, donde hay diferencias altamente significativas lo que significa que existe variación respecto a las fuentes de variación para los tratamientos y zonas. Para ver esta variación se realizará una comparación de medias.

Prueba de TUKEY para el porcentaje de germinación

$$Sx = \sqrt{\frac{23,73}{4}} = 2.44$$

$$T = q * S_x$$

$$T = 4.41 * 2.44 = 10,76$$

Tabla 11: Prueba de TUKEY porcentaje de germinación

	T=4 97	T=3 96	T=2 81
T=1 75	22	21	6
T=2 81	16	15	0
T=3 96	1	0	-15

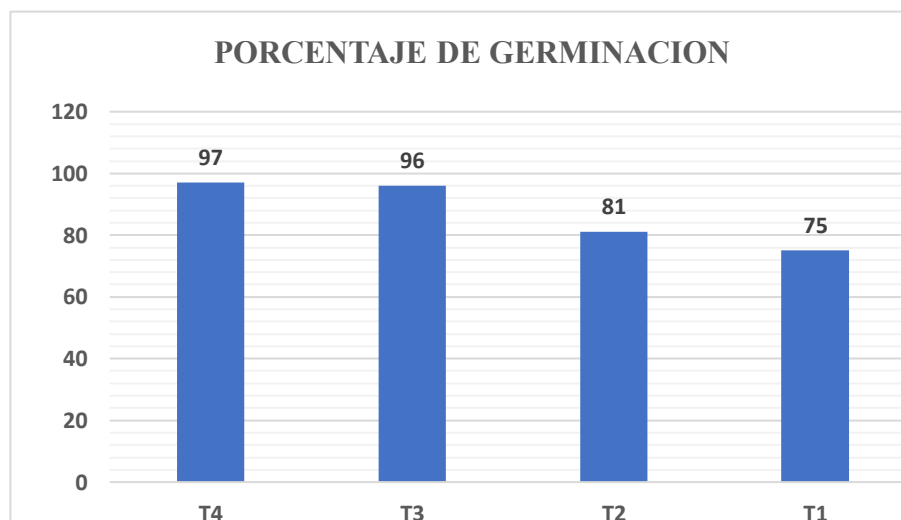
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Interpretación de TUKEY

TRATAMIENTOS	MEDIAS
T4	97 a
T3	96 a
T2	81 b
T1	75 b

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Porcentaje de germinación



Fuente: Elaboración propia

Con la prueba de tukey, vemos que el T4(zona Sivingal – tiempo 48h) tuvo el porcentaje más alto de germinación del 97%, seguido del T3(zona Sivingal – tiempo 72h) con un porcentaje de germinación del 96%, no presentan diferencias significativas entre tratamientos, pero muestra diferencias significativas con los tratamientos T2(zona Yesera – tiempo 48h), T1(zona Yesera – 72h) que presentan el menor % de germinación.

Nuestros resultados de estudio del porcentaje de germinación fueron mucho mejores a los obtenidos por (Gonzalez I. M., 2020) que obtuvo un porcentaje de germinación de un 89%

Tabla 13: Prueba e interpretación de TUKEY de zonas

	97
78	18.5

Tiempos	Medias
Z2	97 a
Z1	78 b

Fuente: Elaboración propia

Al haber variación para el factor de zonas se realizó la prueba de TUKEY, donde vemos que la Z2(Sivingal) tiene mejor porcentaje de germinación.

Tabla 14: Prueba e interpretación de tiempos

	89
85	4

Tiempos	Medias
T2	89 a
T1	85 b

Fuente: Elaboración propia

Realizando la prueba de tukey para factor de tiempos, nos indica que con el T2 (48h) obtenemos mayor porcentaje de germinación.

3.1.2. Índice de velocidad de germinación (Sg/días)

Tabla 15: Velocidad de germinación

DIAS	SEMILLAS GERMINADAS			
	T1(Zona1)72h	T2(Zona1)48h	T3(Zona2)72h	T4(Zona2)48h
Dia 2	0	0	0	0
Dia 4	5	4	17	4
Dia 6	40	37	49	49
Dia 8	37	40	48	49
VG(SG/días)	13	12	18	15

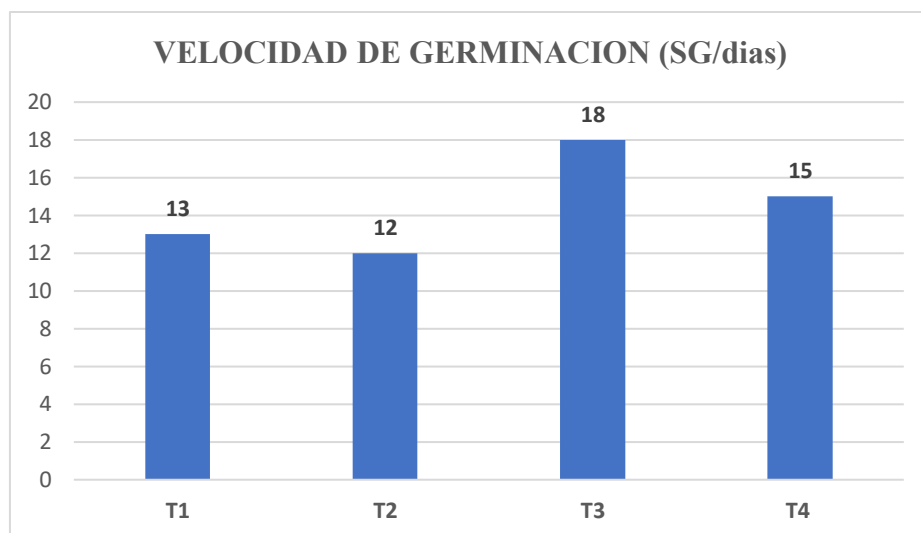
Fuente: Elaboración propia

La velocidad de germinación se observa a partir del día 4 destacando el tratamiento T3(zona 2 sivingal-72h) con el mayor número de semillas germinadas, en el día 6 todos los tratamientos muestran un incremento significativo en la germinación los valores más altos corresponden al T3(zona 2 sivingal-72h) y T4(zona 2 sivingal-48h) con 49 semillas germinadas indicando un mejor desempeño en esta zona en comparación con la zonal(yesera).

La velocidad de germinación se observa a partir del día 4 destacando el tratamiento T3(zona 2 sivingal-72h) con el mayor número de semillas germinadas, en el día 6 todos los tratamientos muestran un incremento significativo en la germinación los valores más altos corresponden al T3(zona 2 sivingal-72h) y T4(zona 2 sivingal-48h) con 49 semillas germinadas indicando un mejor desempeño en esta zona en comparación con la zonal(yesera).

Para el día 8 la germinación se estabiliza alcanzados valores cercanos al máximo en todos los tratamientos, aunque los tratamientos de la zona 2 (sivingal), (T3 72h y T4 48H) mantienen los valores más altos (48 y 49).

Gráfico 3 Índice de velocidad de germinación



Fuente: Elaboración propia

En el tratamiento T3(zona 2 sivingal- 72h) registro el mayor valor (18), indicando una mayor rapidez en el proceso germinativo, en segundo lugar, se encuentra el tratamiento T4(zona sivingal-48h) con un valor de 15 lo que evidencia también un comportamiento favorable en la misma zona.

Los tratamientos correspondientes a la Zonal(yesera) presentaron valores inferiores, siendo T1(72h) de 13 y T3(48h) de 12, representando el menor índice de velocidad de germinación entre los tratamientos evaluados.

Según los resultados la zona 2 (sivingal) proporciona condiciones más favorables para la germinación, asimismo se observa que mayor tiempo de envejecimiento acelerado de (72h) tiende a incrementar la velocidad de germinación.

Según (Condori G. M., 2024) obtuvo un índice de germinación de 20.99 un valor superior a nuestra variable de estudio.

3.1.3. Longitud de plántula (cm)

Tabla 16: Longitud de la plántula

TRATAMIENTOS	REPLICAS				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1=Z1T1	6.65	7.30	8.81	7.69	30.45	7.61
T2=Z1T2	10.85	10.31	12.30	10.96	44.42	11.11
T3=Z2T1	11.84	12.99	14.67	12.63	52.13	13.03
T4=Z2T2	8.59	7.03	10.29	8.71	34.62	8.66
SUMATORIA	37.93	37.63	46.07	39.99	161.62	
MEDIA	9.48	9.41	11.52	10.00		

Fuente: Elaboración propia

Observando en nuestra tabla tenemos que el T3(zona sivingal-tiempo 72h) presento el tamaño más largo de la plántula con 13.03 cm y que el tratamiento T1(zona yesera-tiempo 72h) fue el tratamiento con menor longitud de la plántula.

Tabla 17: Doble entrada longitud de plántula

FACTORES	T1	T2	TOTAL	MEDIA
Z1	30.45	44.42	74.87	9.36
Z2	52.13	34.62	86.75	10.84
TOTAL	82.58	79.04	161.62	
MEDIA	10.32	9.88		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro doble entrada vemos que la Z2(sivingal) tiene mayor longitud de plántula de 10.84 cm, respecto a la Z1(yesera) que presenta menor longitud de plántula con solo 9.36 cm. En cuanto en los tiempos de envejecimiento acelerado, se puede ver que T1(72h) hay un incremento de la longitud de la plántula.

Tabla 18: Análisis de varianza (ANOVA) longitud de plántula

Fuente de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrado medio	f-calculada	f-tabulada	
					5%	1%
Total	15	85.74				
Tratamientos	3	71.54	23.85	80.21 ***	3.86	6.99
Replicas	3	11.52	3.84	12.92 ***	3.86	6.99
Zonas	1	8.82	8.82	29.67 ***	5.12	10.6
Tiempos	1	0.78	0.78	2.63 NS	5.12	10.6
Inter. Z/T	1	61.94	61.94	208.32 ***	5.12	10.6
Error	9	2.68	0.30			

Fuente: Elaboración propia

NS = No es significativo

*= Significativo

*** = Altamente significativo

En análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de plántula, tenemos que en las fuentes de variación de tiempos no existe diferencias significativas, lo que nos indica que no existe variación.

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) la f-calculada es mayor que la f-tabulada para la variable de la longitud de la plántula, donde hay diferencias altamente significativas lo que significa que existe variación respecto a las fuentes de variación para los tratamientos, réplicas y la interacción entre zonas/tiempo. Para ver esta variación se realizará una comparación de medias:

Prueba de TUKEY para la longitud de plántula

$$Sx \sqrt{\frac{0.30}{4}} = 0.27$$

$$T = q * Sx$$

$$T = 4.41 * 0.27 = 1.19$$

Tabla 19: Prueba de TUKEY, longitud de plántula

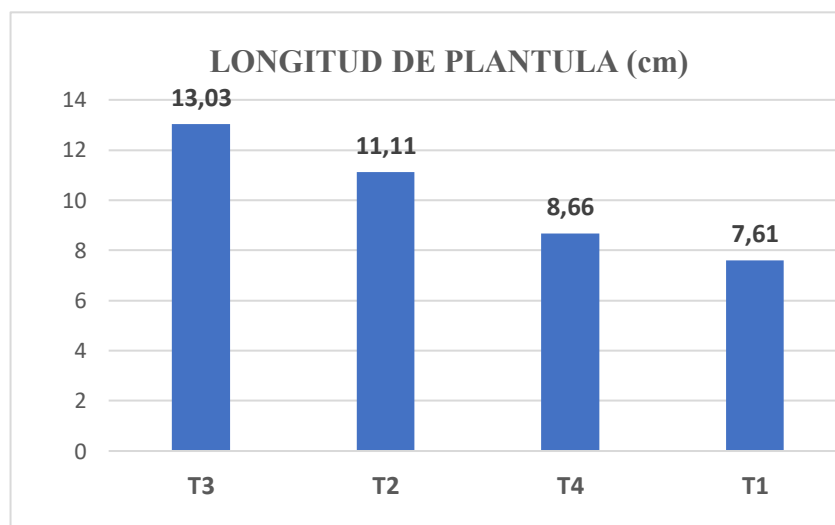
	T=3 13.03	T=2 11.11	T=4 8.66
T=1 7.61	5.42	3.50	1.05
T=4 8.66	4.37	2.45	0
T=2 11.11	1.92	0	-2.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Interpretación de TUKEY

TRATAMIENTOS	MEDIAS
T=3	13.03 a
T=2	11.11 b
T=4	8.66 c
T=1	7.61 c

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Longitud de plántula

Fuente: Elaboración propia

Con la prueba tukey podemos observar que el T3(zona sivingal – tiempo 72h) tiene la longitud más larga respecto a todos los demás tratamientos con 13.03 cm, lo que indica un mejor desempeño en comparación con los demás tratamientos. El tratamiento T2(zona yesera – tiempo 48h) registro una longitud de 11.11 cm mostrando un crecimiento intermedio. Por su parte, el T4(zona sivingal – 48h) obtuvo una longitud de 8.66 c, mientras que el T1(zona yesera – 72h) presento el valor más bajo con 7.61 cm.

Estos resultados indican que el T3(zona sivingal – tiempo 72h) favorece significativamente el crecimiento de la plántula, mientras que el T1(zona yesera – 72h) y T4(zona sivingal presentan los menores valores, siendo los menos eficientes en promover el desarrollo de la plántula.

Según (Gonzalez I. M., 2020) obtuvo una longitud de plántula de 17.8 cm siendo un valor más alto que nuestro valor de variable de nuestro estudio.

Tabla 21: Prueba e interpretación de TUKEY para factor zonas

	10.8
9.36	1.44

Fuente: Elaboración propia

Zonas	Medias
Z2	10.8 a
Z1	9.36 b

Considerando la prueba de tukey, esta diferencia sugiere que la Z2(sivingal) favorece el crecimiento de las plántulas respecto a la Z1(yesera).

Tabla 22: Prueba e interpretación para el factor tiempos

	10.32
9.88	0.44

Fuente: Elaboración propia

Tiempos	Medias
T1	10.44 a
T2	9.88 a

Realizado la prueba de tukey no existe una diferencia estadísticamente entre T1(72h) y T(48h), esto significa que ambos tiempos tienen un buen comportamiento estadísticamente similar en el crecimiento de la plántula

3.1.4. Longitud de Raíz (cm)

Tabla 23: Longitud de raíz

TRATAMIENTOS	REPLICAS				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1=Z1T1	8.80	8.40	8.54	8.29	34.03	8.51
T2=Z1T2	8.68	6.61	7.99	6.39	29.67	7.42
T3=Z2T1	9.37	12.06	11.73	10.42	43.58	10.90
T4=Z2T2	4.19	3.74	3.87	3.93	15.73	3.93
SUMATORIA	31.04	30.81	32.13	29.03	123.01	
MEDIA	7.76	7.70	8.03	7.26		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla tenemos que el T3(zona sivingal – tiempo 72h) presento el tamaño más largo en la raíz con 10.90 cm y que el T4(zona sivingal – tiempo 48h) fue el tratamiento con menor longitud de raíz.

Tabla 24: Cuadro doble entrada longitud de raíz

FACTORES	T1	T2	TOTAL	MEDIA
Z1	34.03	29.67	63.7	7.96
Z2	43.58	15.73	59.31	7.41
TOTAL	77.61	45.4	123.01	
MEDIA	9.70	5.68		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadró doble entrada vemos que en la Z1(sivingal) presenta mayor longitud de raíz con 7.96 cm, sin embargo, la diferencia es leve, por lo que el efecto del factor zonas no es muy marcado.

Sin embargo, en el T1(72h) supera ampliamente al T2(48h), esto indica que el envejecimiento acelerado del T1(72h) favorece significativamente el crecimiento de la raíz.

Tabla 25: Análisis de varianza (ANOVA) longitud de raíz

Fuente de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrado medio	f-calculada	f-tabulada	
					5%	1%
Total	15	109.02				
Tratamientos	3	100.53	33.51	41.60 ***	3.86	6.99
Replicas	3	1.24	0.41	0.51 NS	3.86	6.99
Zonas	1	1.20	1.20	1.50 NS	5.12	10.6
Tiempos	1	64.84	64.84	80.49 ***	5.12	10.6
Inter. Z/T	1	34.49	34.49	42.81***	5.12	10.6
Error	9	7.25	0.81			

Fuente: Elaboración propia

NS = No es significativo

*= Significativo

*** = Altamente significativo

En el análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de raíz, tenemos que en las fuentes de variación de réplicas y zonas no existe diferencias significativas, lo que nos indica que no existe variación.

Observando el análisis de varianza (ANOVA) la f-calculada es mayor que la f-tabulada para que la variable de longitud de raíz, donde hay diferencias altamente significativas lo que significa que existe variación respecto a las fuentes de variación para los tratamientos, tiempos y la interacción de zonas/tiempos. Para ver esta variación se realizará una comparación de medias:

Prueba de TUKEY para longitud de raíz

$$Sx \sqrt{\frac{0.81}{4}} = 0.45$$

$$T = q * S_x$$

$$T = 4.41 * 0.45 = 1.98$$

Tabla 26: Prueba de TUKEY longitud de raíz

	T=3 10.90	T=1 8.51	T=2 7.42
T=4 3.93	6.97	4.58	3.49
T=2 7.42	3.48	1.09	0
T=1 8.51	2.39	0	-1.09

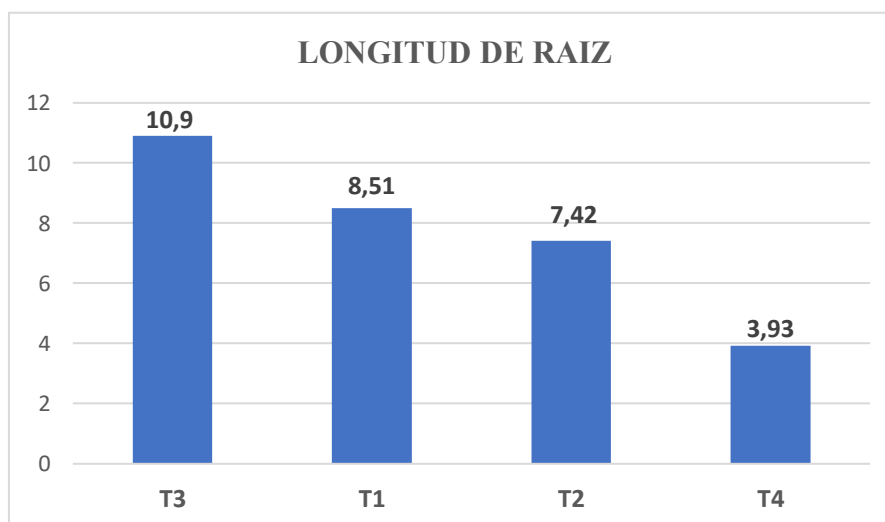
Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Interpretación de TUKEY

TRATAMIENTOS	MEDIAS
T3	10.9 a
T1	8.51 b
T2	7.42 b
T4	3.93 c

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Longitud de raíz



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de tukey presenta la mayor longitud de raíz el T3(zona sivingal – tiempo 72h) con valor de 10.9 cm, indicando el mejor desempeño en el desarrollo radicular. Le sigue el T1(zona yesera – tiempo 72h) con un valor de 8.51 cm, mostrando un crecimiento intermedio-alto. El T2(zona yesera – tiempo 48h) registra una longitud de 7.42 cm, inferior al T1(zona yesera – tiempo 72h) pero aun moderada. Finalmente, el T4(zona sivingal – tiempo 48h) presenta la menor longitud de raíz con 3.93 cm, evidenciando el menor efecto en el crecimiento radicular.

Existe una clara diferencia entre los tratamientos, que el T3(zona sivingal – tiempo 72h) favorece significativamente el crecimiento de la raíz, mientras que el T4 (zona sivingal – tiempo 72h) tiene un efecto limitado.

Según (Maraz, 2024) obtuvo una longitud de raíz de 16.35 cm un valor más alto de nuestra variable de estudio.

Tabla 28: Prueba e interpretación de TUKEY para el factor zonas longitud de raíz

	7.96
7.41	0.55

Zonas	Medias
Z1	7.96
Z2	7.41

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba tukey nos indica que no existe diferencias significativas en la longitud de la raíz entre la Z1(yesera) y Z2(sivingal).

Tabla 29: Prueba e interpretación para el factor tiempos longitud de raíz

	9.70
5.68	4.02

Tiempos	Medias
T1	9.70 a
T2	5.68 b

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de tukey existe una diferencia estadísticamente significativa entre el T1(72h) y T2(48h), esto quiere decir que el envejecimiento acelerado de 72h favorece al crecimiento de la longitud de la raíz.

3.1.5. Índice de vigor

Tabla 30: Índice de vigor

TRATAMIENTOS	REPLICAS				TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1=Z1T1	5	5	7	6	23	6
T2=Z1T2	8	9	11	10	37	9
T3=Z2T1	11	13	14	12	50	13
T4=Z2T2	8	7	10	9	34	8
SUMATORIA	33	33	42	36	144	
MEDIA	8	8	10	9		

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el T3(zona sivingal – tiempo 72h) presento el mayor índice de vigor y el T1(zona yesera – tiempo 72h) presento el menor índice de vigor.

Tabla 31: Cuadro doble entrada para el índice vigor

FACTORES	T1	T2	TOTAL	MEDIA
Z1	23	37	60	30
Z2	50	34	84	42
TOTAL	73	71	144	
MEDIA	37	36		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro doble entrada vemos que la Z2(sivingal) presento el mayor índice de vigor, superando a la Z1(yesera). Esto indica que las condiciones de la Z2 favorecen un mayor desarrollo del vigor.

En cuanto en los tiempos el T1(72h) ligeramente superior al T2(48h), Esto sugiere que el envejecimiento acelerado del T1(72h) tiene una leve ventaja en el índice de vigor.

Tabla 32: Análisis de varianza (ANOVA) índice vigor

Fuente de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrado medio	f-calculada	f-tabulada	
					5%	1%
Total	15	100.80				
Tratamientos	3	85.16	28.39	20.65 ***	3.86	6.99
Replicas	3	3.28	1.09	0.79 NS	3.86	6.99
Zonas	1	36.00	36.00	26.19 ***	5.12	10.6
Tiempos	1	0.25	0.25	0.18 NS	5.12	10.6
Inter. Z/T	1	48.91	48.91	35.59 ***	5.12	10.6
Error	9	12.37	1.37			

Fuente: Elaboración propia

NS= No es significativo

*= Significativo

***= Altamente significativo

En el análisis de variación (ANOVA) referente al índice de vigor de acuerdo a la f-calculada y la f-tabulada, nos indica que para las fuentes de variación de réplicas y tiempos no existe diferencias significativas, lo que indica que no existe variación.

Al ser mayor la f-calculada referentes a las fuentes de variación de los tratamientos, zonas y la interacción de zonas/tiempos, nos indica que existen diferencias altamente significativas. Para esta variación que existe se debe realizar una comparación de medias con la prueba de TUKEY

Prueba de TUKEY

$$Sx \sqrt{\frac{1.37}{4}} = 0.58$$

$$T = q * Sx$$

$$T = 4.41 * 0.58 = 2.55$$

Tabla 33: Prueba de TUKEY para el índice vigor

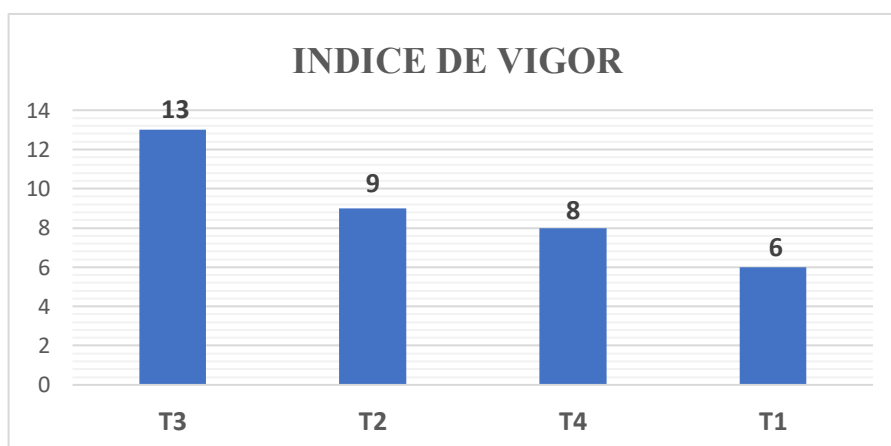
	T=3 13	T=2 9	T=4 8
T=1 6	7	3	2
T=4 8	5	1	0
T=2 9	4	0	-1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Interpretación de TUKEY

TRATAMIENTOS	MEDIAS
T3	13 a
T2	9 b
T4	8 bc
T1	6 c

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Índice de vigor

Fuente: Elaboración propia

Se muestra que el T3(zona sivingal – tiempo 72h) presentó el mayor índice de vigor, con valor de 13, destacándose por encima de los demás tratamientos evaluados. En segundo lugar, se ubicó el T2(zona yesera – tiempo 48h), con un valor de 9, seguido

del T4(zona sivingal – tiempo 48h) con 8. Por último, el T1(zona yesera – tiempo 72h) registro el menor índice de vigor, con valor de 6.

Estos resultados indican que el T3(zona sivingal – tiempo 72h) fue el tratamiento que alcanzo el valor más alto del índice de vigor, en comparación de los otros tratamientos, En cambio el T1(zona yesera – tiempo 72h) mostro el desempeño más bajo del índice de vigor.

Tabla 35: Prueba e interpretación de TUKEY para factor zonas índice de vigor

	11
7.5	3.5

Zonas	Medias
Z2	11 a
Z1	7.5 b

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de tukey, donde vemos que la Z2(sivingal) tiene el índice de vigor más alto.

Tabla 36: Prueba e interpretación para el factor tiempos índice de vigor

	37
36	1

Tiempos	Medias
T1	37 a
T2	36 a

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de tukey vemos que no existe diferencias significativas entre T1(72h) y T2(48h).

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- En el porcentaje de germinación el valor más alto corresponde a la zona de Sivingal con el envejecimiento acelerado de un tiempo determinado de 48 h. de un 97%, aunque estadísticamente fue similar a la zona Sivingal con el envejecimiento acelerado de un determinado tiempo de 72 h. de un 96%, superando a la zona Yesera. Las semillas provenientes de la zona de Sivingal de 72 horas de envejecimiento, presentan mayor rapidez de germinación (18 SG/día) y mayor número de semillas germinadas en un menor tiempo, lo que confirma su superior calidad fisiológica y vigor.
- La longitud de plántula y raíz fue significativamente influenciada por la zona de procedencia y el tiempo de envejecimiento acelerado. La zona Sivingal 72 horas de envejecimiento acelerado presento el mejor desempeño, registrando la mayor longitud de plántula con 13.03 cm evidenciando un mayor crecimiento inicial y vigor fisiológico. La zona Yesera bajo el mismo tiempo de envejecimiento 72 horas mostraron valores más bajos tanto en longitud de plántula como de raíz, indicando menor capacidad de desarrollo. La longitud de la raíz fue significativamente influenciada donde la zona Sivingal 72 hora de envejecimiento acelerado presento el mayor desarrollo radicular con un valor de 10.90 cm evidenciando el mejor comportamiento fisiológico.
- Las semillas provenientes de la zona Sivingal bajo el envejecimiento acelerado de 72 horas, presentan el mayor índice de vigor con un valor de 13, lo que refleja una mayor capacidad de establecimiento, crecimiento inicial y calidad fisiológica.
- Se confirma que la procedencia de las semillas influye significativamente en su calidad fisiológica, siendo la zona de Sivingal la que presento mejores resultados en todas las variables evaluadas (germinación, velocidad de germinación, crecimiento y vigor). A través del envejecimiento acelerado de 72

horas permitió evidenciar de manera más clara las diferencias en el vigor de las semillas, consolidándose como una prueba eficaz para evaluar su calidad.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los productores del departamento de Tarija priorizar el uso de semillas provenientes de la zona de Sivingal, ya que presentaron mejores resultados en las variables fisiológicas como velocidad de germinación, longitud de plántula, longitud de raíz e índice de vigor, lo que garantiza un mejor establecimiento del cultivo en campo
- Se sugiere implementar la prueba de envejecimiento acelerado de 72 horas como método de evaluación de calidad fisiológica de semillas, debido que permitió expresar de manera más clara las diferencias de vigor entre zonas evidenciando mayor desempeño en semillas de alta calidad.
- Se recomienda desarrollar futuras investigaciones que incluyan más zonas productoras y diferentes variedades de arveja, así como otros métodos de evaluación de vigor, para validar y ampliar los resultados obtenidos en esta investigación.