

## **Caracterización fisiológica de semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la provincia de Cotopaxi**

### **Physiological characterization of seeds of eight varieties of amaranth (*Amaranthus* spp.) in the province of Cotopaxi**

**Autores:** Eliana Granja Guerra

<https://orcid.org/0000-0002-7382-935X>

Giovana Paulina Parra Gallardo

<https://orcid.org/0000-0002-8612-5992>

Richard Alcides Molina Alvarez

<https://orcid.org/0000-0002-8152-3203>

Bryan Omar Calapiña Tituaña

<https://orcid.org/0009-0009-4516-3560>

**Institución:** Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Posgrado  
Ecuador

**Correo electrónico:** [eliana.granja@utc.edu.ec](mailto:eliana.granja@utc.edu.ec)

[giovana.parra@utc.edu.ec](mailto:giovana.parra@utc.edu.ec)

[richard.molina4627@utc.edu.ec](mailto:richard.molina4627@utc.edu.ec)

[bryan.calapina7341@utc.edu.ec](mailto:bryan.calapina7341@utc.edu.ec)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8091448>

## **RESUMEN**

El amaranto es un cultivo de gran importancia en el Ecuador debido a sus características nutricionales y fisiológicas relevantes en la salud humana, atribuidas a la acción de fibras alimentarias, para garantizar su producción es necesario el uso de semillas certificadas, por ello el objetivo de esta investigación fue determinar el potencial fisiológico de semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus* spp.); Zelenaya Sosulka (T1), Bulava (T2), Diumovachka (T3), Kizliarets (T4), Fakel (T5), India (T6), Valentina (T7) y Kobaca (T8), a través de pruebas fisiológicas tales como: humedad de semilla, germinación estándar, tetrazolio, conductividad eléctrica, envejecimiento acelerado, prueba de frío, índice de velocidad de emergencia y materia seca. Todas las pruebas utilizadas determinaron el perfil fisiológico de las ocho variedades de amaranto (*Amaranthus* spp.), se determinó que T7 (Valentina) presentó un alto desempeño fisiológico, en los parámetros de vigor y viabilidad, seguido de T3 (Diumovachka) y T5 (Fakel), estas variedades presentaron un

desempeño aceptable en calidad fisiológica de semilla, el desempeño de las demás semillas T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T4 (Kizliarets), T6 (India) y T8 (Kobaca) se verificó que son inapreciables al aplicar las mismas pruebas fisiológicas.

**Palabras clave:** Amaranto, Potencial fisiológico, Semillas, Tetrazolio, Vigor de semilla, Viabilidad de semilla.

## ABSTRACT

Amaranth is a crop of great importance in Ecuador due to its relevant nutritional and physiological characteristics in human health, attributed to the action of food fibers, to guarantee its production it is necessary to use certified seeds, therefore the objective of this The research was to determine the physiological potential of seeds of eight varieties of amaranth (*Amaranthus* spp.); Zelenaya Sosulka (T1), Bulava (T2), Diumovachka (T3), Kizliarets (T4), Fakel (T5), India (T6), Valentina (T7) and Kobaca (T8), through physiological tests such as: humidity seed, standard germination, tetrazolium, electrical conductivity, accelerated aging, cold test, emergence rate index and dry matter. All the tests used determined the physiological profile of the eight varieties of amaranth (*Amaranthus* spp.), it was determined that T7 (Valentina) presented a high physiological performance, in the parameters of vigor and viability, followed by T3 (Diumovachka) and T5 (Fakel), these varieties presented an acceptable performance in physiological seed quality, the performance of the other seeds T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T4 (Kizliarets), T6 (India) and T8 (Kobaca) was verified to be negligible when applying the same physiological tests.

**Keywords:** Amaranth, Physiological potential, Seeds, Tetrazolium, Viability, Vigor.

## INTRODUCCIÓN

El amaranto es considerado un pseudocereal de la familia Amaranthaceae (Stallknecht y Schulz-Schaeffer, 1993), con más de 60 especies identificadas a nivel mundial (Nieto, 1989), se caracteriza por tener un alto valor nutritivo, el grano contiene un 16 % de proteína, 8 % grasa y 60 % almidón (Pedersen *et al.*, 1987).

De acuerdo con (Nieto, 1989) el grano se destaca por contener calcio (130-154 mg/100 g de peso seco), fósforo (530 mg/100g de peso seco), hierro (6.3-12.8 mg/100 g de peso seco), potasio (800 mg/100 g de peso seco), lisina (0.8-10%) y vitamina C (1.5 Cal/ 100g de peso seco). Sobre esta base es necesario garantizar la producción de semilla de calidad, a través de la determinación de parámetros fisiológicos y para ello se han establecido las Normas ISTA (Asociación Internacional

de Análisis de semillas) donde se estandarizan los parámetros de calidad y viabilidad de especies de interés agrícola, comercial y forestal (Hurtado *et al.*, 2020). La calidad de semilla es un parámetro importante dentro de la producción agrícola puesto que con ello se garantiza al mismo tiempo la seguridad y soberanía alimentaria de una nación, para eso están establecidas las normas a nivel genético (pureza), físico, fisiológico (vigor, viabilidad, germinación), y sanidad (enfermedades y plagas), (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

Para cumplir con el objetivo de esta investigación que es determinar el potencial fisiológico de semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*); Zelenaya Sosulka (T1), Bulava (T2), Diumovachka (T3), Kizliarets (T4), Fakel (T5), India (T6), Valentina (T7) y Kobaca (T8), a través de pruebas fisiológicas tales como: humedad de semilla, germinación estándar, tetrazolio, conductividad eléctrica, envejecimiento acelerado, prueba de frío, índice de velocidad de emergencia y materia seca, se han establecido una serie de pruebas fisiológicas en semillas, tales como la prueba de humedad ya que esto determina su viabilidad cuando son almacenadas (FAO y AfrizaSeeds, 2019); la prueba de germinación estándar, determina el potencial de germinación y estima el valor de siembra (FAO y AfrizaSeeds, 2019); prueba de tetrazolio, las semillas son embebidas con solución de tetrazolio, el cual es utilizado como indicador para determinar el proceso de reducción de viabilidad; la prueba de conductividad eléctrica se realiza evaluando la cantidad de lixiviado liberado internamente por la semilla para obtener en nivel de vigor de la misma; prueba de envejecimiento acelerado, las semillas absorben humedad del ambiente, las que muestran alta capacidad de germinación se consideran que tienen una elevada viabilidad; la prueba de frío se basa en someter a las semillas a factores ambientales adversos, aquí las semillas más vigorosas serán las que tienen mayor posibilidad de supervivencia.

El índice de velocidad de emergencia esta prueba se la realiza a través de conteos diarios de plántulas emergidas (Mangure, 1962) y la prueba de materia seca se refiere a la capacidad de mantener una temperatura estable del extracto seco luego de ser sometido a condiciones de calor. (Krzyzanowski *et al.*, 1999).

En varias investigaciones se destaca la importancia de las pruebas de vigor en semillas (Marcos Filho, 2015), por ejemplo, afirma que las pruebas de vigor podrían ayudar a controlar la calidad de semilla en producción y procesamiento, esto

concuerta con (França Neto y Krzyzanowski, 2018), quienes afirman que la prueba de tetrazolio cumple un rol muy importante en la calidad fisiológica de las semillas y además provee un posible diagnóstico de problemas en su calidad. La semilla es el comienzo de la producción de cada planta y esto se convierte en un requisito fundamental para obtener altos rendimientos, además en la semilla existe la acumulación de elementos nutritivos que tienen una correlación directa con el tamaño y masa de la semilla. El deterioro de la semilla es la caída de un nivel superior a uno inferior según (Oliveira Fontes *et al.* 2022) debido a factores adversos como alta temperatura e ausencia de luz, exceso de calor y condiciones de alta humedad, perjudican su el desempeño de una semilla.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material vegetativo**

Semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus* spp.); Zelenaya Sosulka (T1), Bulava (T2), Diumovachka (T3), Kizliarets (T4), Fakel (T5), India (T6), Valentina (T7) y Kobaca (T8)

### **Aplicación de las pruebas fisiológicas de semillas**

#### **Prueba de humedad de semilla**

El análisis de humedad se realizó en el laboratorio y se instaló dentro de contenedores de aluminio (tara) estos fueron pesados en una balanza analítica y subsiguiente se colocaron la muestra de semillas por repetición de cada variedad siendo estas pesadas de igual forma. Los contenedores fueron colocados en la estufa a 105°C durante 24 horas. Para ello se utilizó la interpretación (RAS, 2009).

#### **Prueba de germinación estándar**

Esta prueba se realizó con ocho variedades de semillas de amaranto (*Amaranthus* spp.) con cuatro repeticiones en cajas petri y una cantidad de 100 semillas por repetición de cada variedad. Utilizando la metodología de (Krzyzanowski *et al.*, 1999) se tomó una muestra al azar de 400 semillas, se colocaron en cajas petri con papel de germinación de manera uniforme humedecimiento del sustrato, estas cajas fueron ubicadas en la cámara de germinación a una temperatura de 25°C. Los conteos fueron realizados al cuarto (PCG) y décimo catorce (CFG) día respectivamente conforme nos menciona las (RAS, 2009).

#### **Prueba de tetrazolio**

Esta prueba se realizó con ocho variedades de semillas de amaranto (*Amaranthus* spp.) con cuatro repeticiones en recipientes de 2 onzas y una cantidad de 100 semillas por repetición de cada variedad. Se preparó una solución de tetrazolio al 5 % mezclando con agua destilada, se remojó las semillas en agua durante toda la noche para suavizar el embrión y el endospermo y para activar el sistema enzimático. Se aplicó 20 ml la solución de tetrazolio, 0.60 ml en cada contenedor, estos fueron colocados en la estufa a 60°C durante una hora. Se identificó la morfología con la ayuda del estereoscopio, determinando el vigor elevado con un teñido uniforme, tejido firme y brillante, vigor medio embrión teñido, otras partes no teñidas y vigor bajo el tejido se observa lechoso y demasiado teñido.

#### **Prueba de conductividad eléctrica**

Se utilizaron 50 semillas de cada variedad, las semillas fueron pesadas por repeticiones en una balanza analítica se siguió el protocolo de (Krzyzanowski *et al.*, 1999) se agregó 20 ml el agua desionizada en cada contenedor luego de 24 horas de remojo se tomaron datos de la conductividad eléctrica.

#### **Prueba de envejecimiento acelerado**

Se utilizaron una cantidad de 100 semillas por tratamiento, en total 4, se colocó 30 ml de agua en cada envase y se cerró, se colocó cada recipiente en la cámara de envejecimiento acelerado a 45°C por 72 horas. Luego de este tiempo se procedió a realizar la prueba de germinación estándar.

#### **Prueba índice de velocidad de emergencia (IVE)**

El índice de velocidad de emergencia fue realizado en campo a través de la aplicación de ocho tratamientos y cuatro repeticiones, y un conteo durante 15 días consecutivos.

#### **Prueba de materia seca**

Este análisis es subsiguiente al índice de velocidad de emergencia por lo cual se le debe llevar con mucho cuidado, una vez emergida las plántulas las procedemos a retirar del sustrato con cuidado, luego le cortamos el exceso de raíz o de residuos vegetales, las muestras se colocan en fundas de papel previamente pesadas, rotuladas. Estas muestras son puestas en un horno a 80° C durante 24 horas. Finalmente, transcurrido el tiempo se pesan las muestras y registran datos.

#### **Prueba de frío**

El análisis de frío se realizó con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, sembrándolos de forma igual a la prueba de germinación ya antes mencionada. Las muestras fueron colocadas en un refrigerado a 10 °C por un periodo de 7 días. Subsiguiente a este tiempo transcurrido las muestras fueron colocadas para que germinen a una temperatura ambiente. En 100 g de sustrato se agregó 50 ml de agua según lo descrito por (Krzyzanowski *et al.*, 1999)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Prueba de humedad de semilla

La humedad encontrada de cada variedad expresó su estado homogéneo y dentro de características normales como lo manifiestan en un estudio realizado por (Mamani Mayta *et al.*, 2017), estudiando el contenido de humedad en amaranto, además de otros parámetros físicos, en este estudio es de importancia conocer las condiciones fisiológicas de las semillas de las variedades de amaranto.

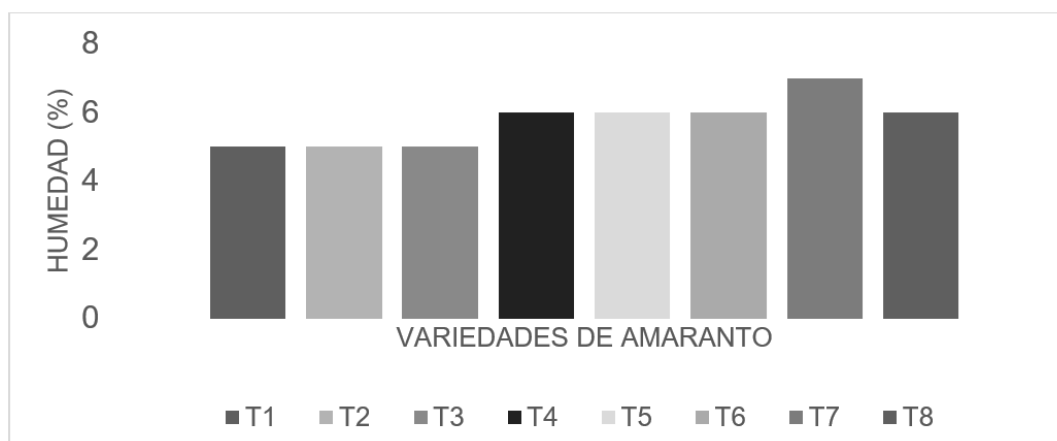


Figura 1. Prueba de humedad de semillas de ocho variedades de amaranto.

En la figura 1 se puede observar el porcentaje de humedad de los tratamientos donde no existe diferencia estadística significativa en el experimento y se procede a realizar una prueba de Tukey al 5 %, Donde las medias no pueden ser consideradas diferentes teniendo un rango A para todos los tratamientos. Presentando un mejor contenido de humedad el tratamiento T7.

### Prueba de germinación estándar

El estudio de la variable Primer Conteo de Germinación (PCG), demuestra que existe diferencias estadísticas significativas, los tratamientos, un coeficiente variación de CV= 22.7 % que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de Tukey al 5 %.

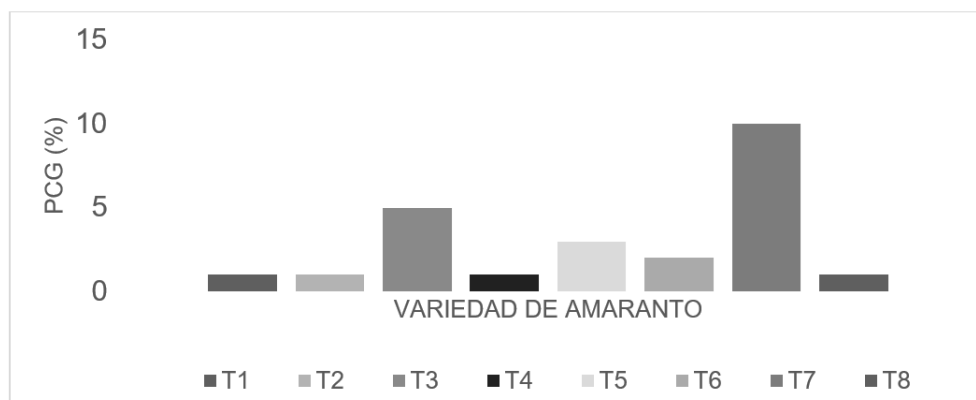


Figura 2. Primer conteo de germinación aplicando ( $\sqrt{x+1}$ )

En la figura 2. Se puede observar claramente que existe una diferencia en el porcentaje de germinación entre los tratamientos, resultando el tratamiento T7 y T5 los únicos que germinaron al cuarto día de conteo.

De igual forma para la variable conteo final de germinación (CFG), los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, un coeficiente variación de CV= 20,6 % ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de Tukey al 5 %.

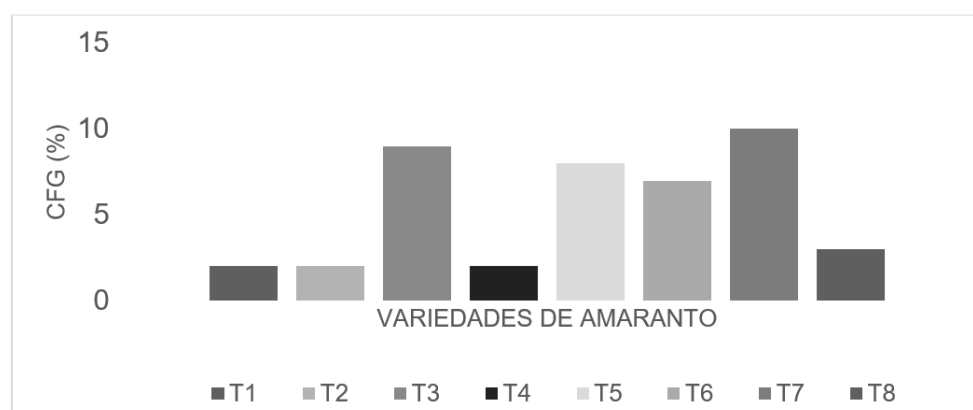


Figura 3. Segundo conteo de germinación aplicando ( $\sqrt{x+1}$ )

Finalmente, en la figura 3 se puede observar en conteo final de germinación realizado al día 14 dando como resultado que el mejor tratamiento fue T7.

La prueba estándar de germinación es una de las pruebas más elementales en un estudio de calidad fisiológica y generalmente se compone de dos etapas en la que se interpreta, la primera PCG como el vigor de las semillas y la segunda CFG como la viabilidad de la misma, trabajos envueltos en la germinación de semillas detallan esta metodología (López *et al.*, 2016) es fundamental disponer de equipos e insumos necesarios para realizar la prueba siguiendo la metodología escogida.

### Prueba de tetrazolio

El estudio da a conocer el análisis de varianza para la variable tetrazolio (vigor), los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 14,6 % que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de Tukey al 5 %.

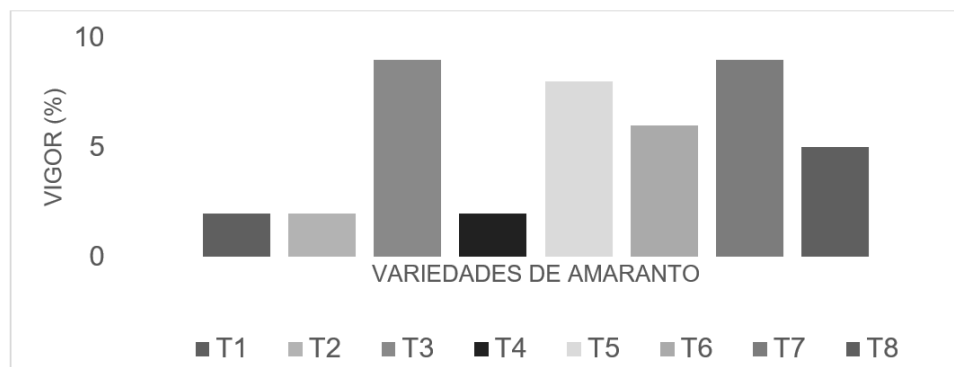


Figura 4. Variable tetrazolio (Vigor) aplicando ( $\sqrt{x+1}$ ).

La figura 4. Nos indica que los tratamientos T1, T2, T4 son los que obtuvieron un bajo desempeño al aplicar esta prueba.

El estudio da a conocer el análisis de varianza para la variable tetrazolio (viabilidad) los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 7,29 % que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de Tukey al 5 %.

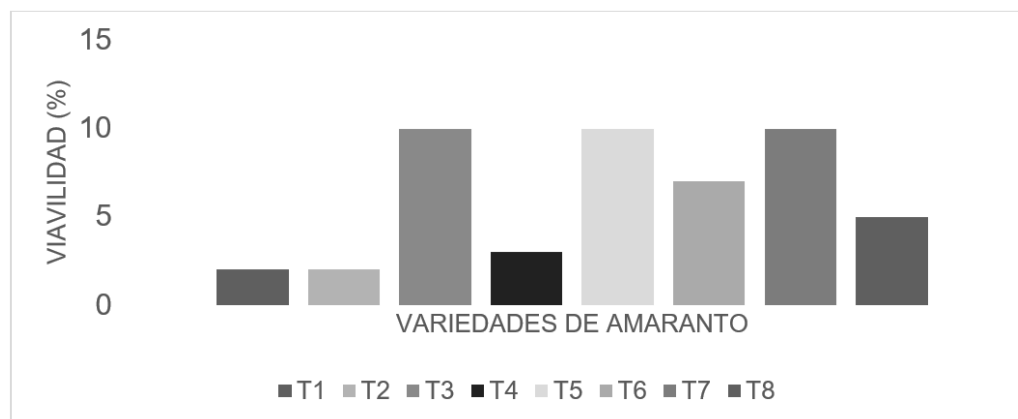


Figura 5. Variable tetrazolio (Viabilidad)

La figura 5. Nos indica que los tratamientos T1, T2, T4 son los que obtuvieron un bajo desempeño al aplicar esta prueba no reaccionando a la ampliación del tetrazolio.

La prueba de tetrazolio es utilizada rutinariamente en laboratorio de análisis de semillas, cuyo objetivo se fundamenta en la interpretación de la actividad respiratoria



de la semilla, expresada en los cotiledones en caso de las leguminosas y otras dicotiledóneas y en el embrión en caso de las poaceas, es de importancia para detectar problemas expresados en la germinación como lo explica (Ruiz, 2009), La prueba de viabilidad nos revela una serie de aspectos esenciales para conocer no solamente la calidad del lote, sino que también puede servir de guía para identificar otros factores que pueden estar afectando a las semillas; entre ellos la dormición, que suele ser la causa de una menor germinación, pero que no debe confundirse con mala calidad.

### Prueba de conductividad eléctrica

El análisis de varianza para la variable en la conductividad eléctrica, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 21,6 % que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de Tukey al 5 %.

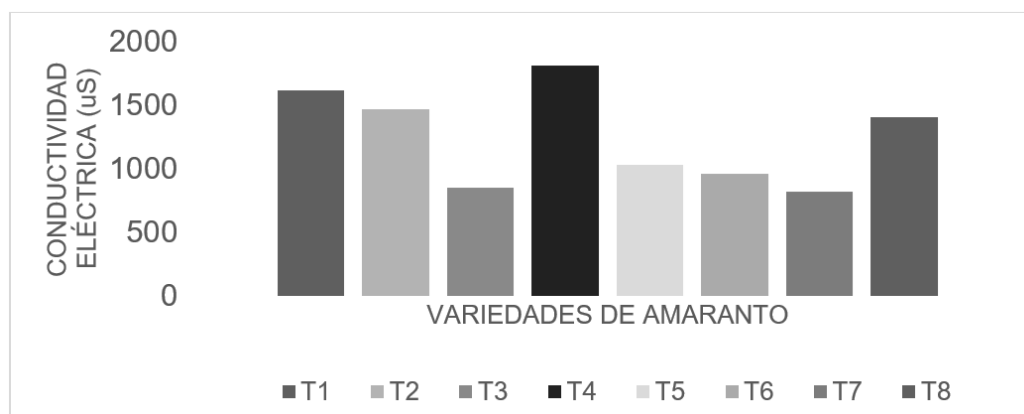


Figura 6. Conductividad eléctrica en 8 variedades de amaranto

Los resultados obtenidos en la figura 6 indican que los tratamientos T7, T3 presentaron los resultados más bajos en este test, esto es un resultado contundente ya que se evidencia la calidad fisiológica de semilla y las mismas no presentan un gran deterioro.

La prueba de conductividad eléctrica es una técnica muy promisoriosa ya que indirectamente se logra una interpretación altamente eficaz para detectar el estado fisiológico de las semillas, con el fundamento de que una semilla que ha sufrido deterioro por cualquier medio que haya causado injuria, esta expresará un basamento de solutos en el agua desionizada, donde se tomará la lectura con la ayuda de un equipo especializado, es reconocida internacionalmente como lo cita (Szemruch *et al.*, 2019), El test de conductividad eléctrica (CE) evalúa el grado de

daño en las membranas celulares como resultado del deterioro de las semillas (ISTA, 2017). Cuanto mayor es el deterioro de las semillas, mayor es la cantidad de solutos liberados durante la imbibición y menor es su vigor.

### Prueba de envejecimiento acelerado

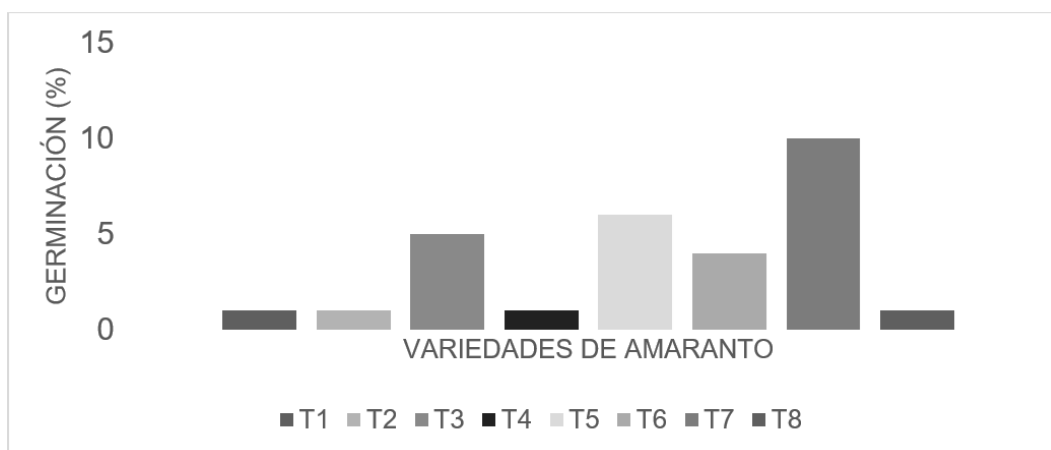


Figura 7. Envejecimiento acelerado conteo final de la germinación, aplicando  $(\sqrt{x+1})$ .

En la figura 7. Se puede observar que existe una diferencia en el porcentaje de germinación entre los tratamientos, resultando el tratamiento T7 con el mayor porcentaje de germinaron al cuarto día de conteo.

El análisis de varianza para la variable en envejecimiento acelerado conteo final de germinación, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 38,2 % que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de Tukey al 5 %. La prueba de envejecimiento acelerado es una técnica ampliamente utilizada y aceptada mundialmente (Suárez *et al.*, 2018), esta prueba exige de manera contundente expresar a las semillas en estudio su potencial fisiológico, puesto que las semillas son sometidas a condiciones extremas de sus máximos enemigos en términos de calidad fisiológica de semillas y luego son evaluados con la prueba de germinación, como lo explican en un estudio por (Fontana, Pérez y Luna, 2016).

### Prueba índice de velocidad de emergencia (IVE)

El estudio da a conocer el análisis de varianza para la variable índice de velocidad de emergencia posterior a los 15 días de conteos consecutivos, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 8,02 % que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de Tukey al 5 %.

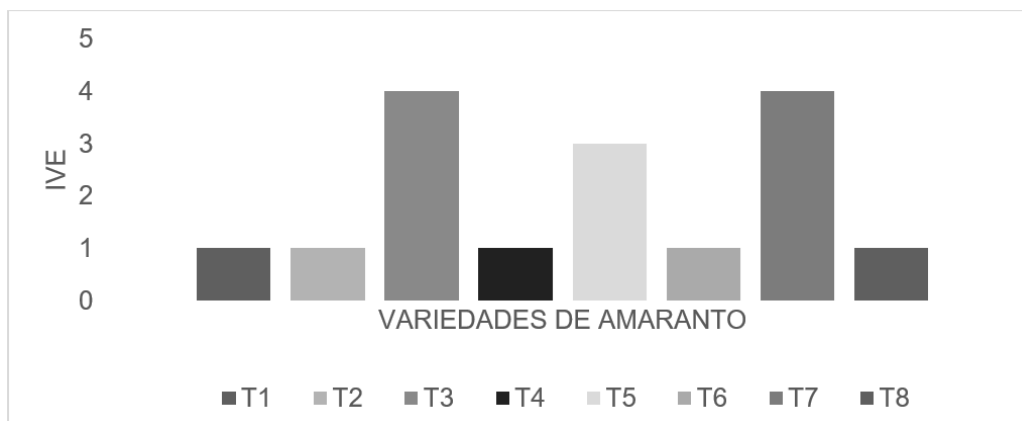


Figura 8. Índice de velocidad de emergencia aplicando  $(\sqrt{x+1})$ .

En la figura 8. Se puede evidenciar que los tratamientos T7, T3, T5 resultaron con un mejor porcentaje de germinación a contrario de los demás.

Esta prueba se utiliza considerando el trabajo realizado por (Maguire, J. D.1962) y adaptando a la metodología requerida para la especie en objetivo de estudio, como prueba de campo es muy eficiente para mostrar la respuesta fisiológica de las semillas en condiciones homólogas a las utilizadas en un campo productivo, es una prueba reconocida y ampliamente aplicada en laboratorios de análisis de semillas.

### Prueba de materia seca

El estudio da a conocer el análisis de varianza para la variable materia seca, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 24,02 % que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de Tukey al 5 %.

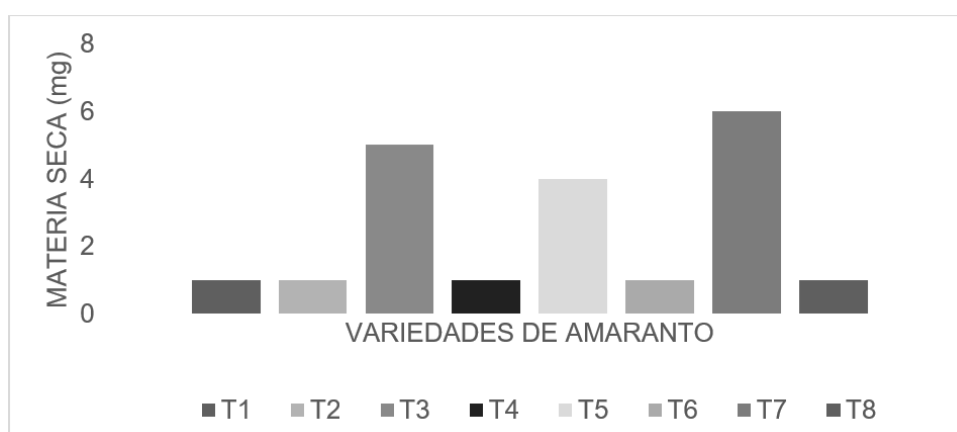


Figura 9. Materia seca aplicando  $(\sqrt{x+1})$ .

En la figura 9 se expresan los resultados que los tratamientos T7, T3, T5 presentaron una materia seca óptima para la realización de este test.

La prueba de la materia seca media de la plántula es una técnica utilizada para evaluar el potencial fisiológico de la semilla, puesto que esta prueba se fundamenta en la capacidad de la semilla para transferir las sustancias de reserva hacia la nueva planta con alta eficiencia que solo puede ser observada en semillas de alta calidad, en estudio realizado por (Salinas *et al.*, 2018), destaca la importancia de la cantidad de materia seca de las plántulas en el estudio de la calidad fisiológica de semillas.

### Prueba de frío

El estudio da a conocer el análisis de varianza para la variable prueba de frío primer conteo de germinación séptimo día, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 17,3 % que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de Tukey al 5 %.

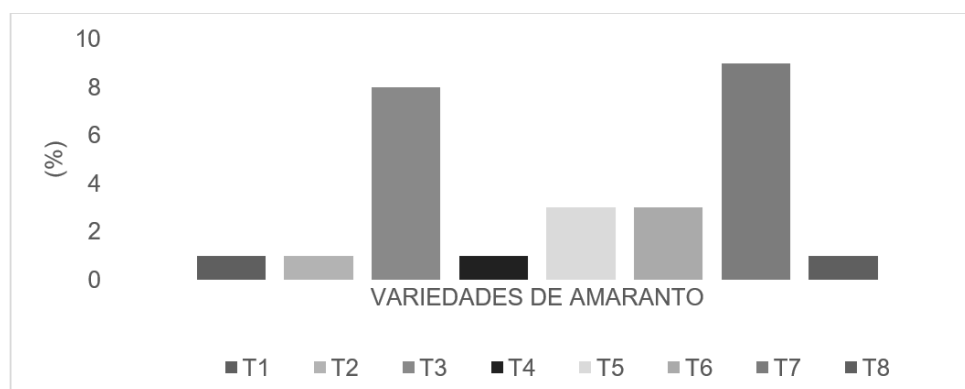


Figura 10. Prueba de frío conteo final de germinación aplicando  $(\sqrt{x+1})$ .

En la figura 10. Se puede observar que los tratamientos T7 y T3 son los que presentaron un desempeño considerable en este test, por tanto, esto significa que poseen una calidad fisiología de semillas.

Esta prueba es conclusiva en muchas especies utilizada para determinar el potencial fisiológico de las semillas en condiciones extremas, simulando bajas temperaturas y alta humedad, lo que según el principio del método estos factores favorecen el crecimiento agresivo de microorganismos del suelo que fácilmente aniquilarían a una semilla de baja calidad fisiológica, según (Craviotto, R. M. y Arango, 2009), este método simula tales situaciones, el ensayo de germinación practicado en condiciones estandarizadas y óptimas para que las semillas germinen en forma rápida y uniforme, falla cuando se pretende hallar una estrecha correlación con lo que puede ocurrir en el campo. En este sentido la denominada Prueba de Frío, conocida y mencionada en la bibliografía con el nombre de Cold Test, otorga una

mejor aproximación a lo que puede ocurrir en situaciones estresantes del área de siembra.

## CONCLUSIONES

Se desarrolló las ocho pruebas vigor de semillas, verificando con eficiencia el desempeño fisiológico de las ocho variedades de amaranto (*Amaranthus* spp.)

El genotipo T7 (Valentina) presento un alto desempeño fisiológico, al estudiar el vigor y viabilidad en todas las pruebas aplicadas obteniendo los mejores resultados, seguido de T3 (Diumovachka) y T5 (Fakel), mismos que presentaron una aceptable calidad fisiológica de semilla, el desempeño de los demás tratamientos T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T4 (Kizliarets), T6 (India) y T8 (Kobaca) se verificó que son inapreciables al aplicar las mismas pruebas fisiológicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, (2009). Regras para Análise de Sementes (RAS). Online. MAPA. ISBN 9788599851708. Disponible en:

[https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf) Visitado: 25 de enero de 2023.

CRAVIOTTO, R.M y ARANGO PEREARNAU, M.R. (2009). Evaluando calidad en simiente de maíz: la prueba de frío. *Inta Eea Oliveros*. Online. Vol. 41, pp. 107-109. Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-calidad-maiz-prueba-de-fro.pdf>. Visitado: 15 de febrero de 2023.

FONTANA, M.L., PÉREZ, V.R. y LUNA, C.V. (2016). Pruebas de envejecimiento acelerado para determinar vigor de semillas de *prosopis alba* de tres procedencias geográficas. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, Vol. 15, No. 1, pp. 37–50.

FRANÇA-NETO, J. B. y KRZYZANOWSKI, F.C., (2018). Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. Online. Disponible en:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193315/1/Doc-406-OL.pdf>.

Visitado: 26 de marzo de 2023.

HURTADO, Leslye ... [et al.] (2020). Aplicabilidad de las Normas ISTA: Análisis de la calidad de semillas en especies forestales en el Sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*. Vol. 10, No. 2, pp. 44-57.

- KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos, VIEIRA, Roberval Daiton y FRANCA-NETO, Jose de Barros, (1999). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes.
- MAGUIRE, J. D. (1962). Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, No. 2, pp. 176-177. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033xMAMANI>. Visitado: 25 de enero de 2023.
- MAYTA, Deyi Danitza ... [et al.] (2017). Parámetros de calidad de harinas de *Amaranthus caudatus* Linnaeus (amaranto), *Chenopodium quinoa* Willd (quinua), *Chenopodium pallidicaule* Aellen (kañahua), *Lupinus mutabilis* Sweet (tarwi). *Revista Con-Ciencia*. Vol. 5, No. 1, pp. 27-38.
- MARCOS-FILHO, Julio (2015). Seed vigor testing: An overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*. Vol. 72, No. 4, pp. 363–374. DOI 10.1590/0103-9016-2015-0007.
- MARTÍNEZ-SOLÍS, Juan, ...[et al.] (2010). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Online. Vol. 1, No. August, pp. 289–304. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263120630002>. Visitado: 25 de enero de 2023.
- NIETO, C. (1989). El cultivo de amaranto *Amaranthus* spp una alternativa agronómica para Ecuador. *Naciones Unidas*. Online. Vol. VII, No. 52, pp. 19. Disponible en: <http://190.12.16.188/bitstream/41000/2688/1/iniapscpm52.pdf> <http://ambiental.uaslp.mx/URLdeestedocumento:http://ambiental.uaslp.mx/docs/LMNC-AU-9911-AgronSiglo.pdf> <http://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible>. Visitado: 25 de enero de 2023.
- OLIVEIRA FONTES, Larissa de ... [et al.] 2022. Germination of *Amaranthus deflexus* L. seeds subjected to different temperature and salt-stress conditions. *Semina: Ciências Agrárias*. Vol. 43, No. 6, pp. 2785–2802. DOI 10.5433/1679-0359.2022v43n6p2785.
- ONU (2019). Materiales para capacitación en semillas: Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas. Online. ISBN 978-92-5-131871-3. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca1492es/CA1492ES.pdf>. Visitado: 25 de enero de 2023.

- PEDERSEN, Birthe, ...[et al.] (1987). The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) - 2. As a supplement to cereals. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition*. Vol. 36, No. 4, pp. 325–334. DOI 10.1007/BF01892353.
- RUIZ, María de los Ángeles, (2009). El análisis de tetrazolio en el control de calidad de semillas. *INTA*. Vol. 77.
- SALINAS, Adriana Rita, ...[et al.] (2018). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Vol. 36, No. 2, pp. 371–379. DOI 10.1590/s0100-204x2001000200022.
- STALLKNECHT, G.F. y SCHULZ-SCHAEFFER, J.R. (1993). Amaranth Rediscovered. *New crops. Online*. No. New crops. Wiley, New York., pp. 211–218. Disponible en: <https://hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-211.html>. Visitado: 29 de enero de 2023.
- SUÁREZ CASTELLANOS, César Iván, ...[et al.] (2018). Metodologías para el ensayo de envejecimiento acelerado en semillas de triticale. *Agrociencia*. Vol. 22, No. 2, pp. 1–6. DOI 10.31285/agro.22.2.1.
- SZEMRUCH, C, ... [et al.] (2019). Uso del Test de Conductividad Eléctrica para la estimación del vigor y la emergencia a campo de semillas de girasol. *Revista Para Mejorar la Producción (PMP)*. INTA Oliveros, No. 58, pp. 33-57.