

## Artículo original

# Calidad fisiológica y sanitaria de semillas de maíz (*Zea mays*) cultivadas en Sucre y Yotala, Bolivia

Physiological and sanitary quality of corn seeds (*Zea mays*) grown in Sucre and Yotala, Bolivia

Alfredo José Salinas-Arcienega<sup>1\*</sup> & Martha Serrano Pacheco<sup>1</sup>

\*Autor de Correspondencia: [salinas.alfredo@usfx.bo](mailto:salinas.alfredo@usfx.bo)

<sup>1</sup> Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre- Bolivia.

Recibido: 01/11/2024 Aceptado para publicación: 01/12/2024

## Resumen

El maíz es un cultivo esencial para la seguridad alimentaria y económica en diversas regiones de Bolivia, particularmente en la agricultura familiar de los municipios de Sucre y Yotala, donde se cultivan variedades locales adaptadas a altitudes de entre 2.819 y 3.052 m.s.n.m. Su producción enfrenta desafíos en la calidad de semillas, un factor clave para el rendimiento y la productividad. En ese contexto, el estudio evaluó la calidad fisiológica y sanitaria de las semillas de maíz producidas en comunidades de Sucre (Sonkochipa, Sojtapata, Llinfi y La Barranca) y Yotala (Anfaya, San Cristóbal y Tipaca). Fueron recolectados lotes de entre 250 y 700 gramos, provenientes de seis familias por comunidad, que fueron analizados en el laboratorio mediante pruebas de germinación, resistencia al frío, peso de 1000 semillas, pureza y sanidad. Los resultados mostraron una buena calidad fisiológica y sanitaria, destacando comunidades como Tipaca y Llinfi, con un 97% de germinación y vigor superior al 90%. Sin embargo, los porcentajes de pureza fueron bajos y el manejo post-cosecha inadecuado, lo que afectó el rendimiento de las semillas. Por tanto, a pesar de su alta calidad fisiológica, el manejo inadecuado y la baja pureza, impactan negativamente la productividad, lo que resalta la necesidad de mejorar las prácticas de conservación y manejo de semillas.

**Palabras clave:** agricultura familiar, germinación, semilla, vigor.

## Abstract

Corn is an essential crop for food and economic security in various regions of Bolivia, particularly in the family farming systems of the municipalities of Sucre and Yotala, where local varieties are grown at altitudes ranging from 2,819 to 3,052 meters above sea level. Its production faces challenges related to seed quality, a key factor for performance and productivity. In this context, this study evaluated the physiological and sanitary quality of corn seeds produced in the communities of Sucre (Sonkochipa, Sojtapata, Llinfi, and La Barranca) and Yotala (Anfaya, San Cristóbal, and Tipaca). Seed lots, ranging from 250 to 700 grams, were collected from six families per community and analyzed in the laboratory through tests for germination, cold resistance, 1000-seed weight, purity, and health. The results showed good physiological and sanitary quality, with communities like Tipaca and Llinfi standing out, achieving 97% germination and vigor over 90%. However, purity levels were low, and post-harvest management was inadequate, which affected seed performance. Therefore, despite the high physiological quality, inadequate management and low purity negatively impact productivity, highlighting the need to improve seed conservation and management practices.

**Keywords:** Family farming, germination, seed, vigor.

## Introducción

El maíz (*Zea mays*) es un cultivo esencial y uno de los más extendidos a nivel global, constituyendo una fuente fundamental de alimentación para millones de personas, particularmente en América y Asia. Se considera una de las primeras plantas domesticadas, cuya propagación ha tenido un impacto significativo en diversas regiones del mundo (Sánchez, 2014). Según el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2017), en la campaña agropecuaria 2014-2015, el 28,92% de la superficie cultivada corresponde a cereales, de los cuales el maíz ocupa el 41%. En Bolivia, Santa Cruz lidera la producción con el 38% de la extensión cultivada, seguida por otros departamentos como La Paz, con un 5%, y seguido por Chuquisaca. Ávila (2008) y Gutiérrez (2010) mencionan que el maíz se cultiva en cuatro macroregiones en Bolivia, abarcando desde las zonas tropicales bajas hasta los valles interandinos a gran altitud.

El maíz tiene una notable importancia en la dieta alimentaria, especialmente en zonas rurales de Bolivia, como Chuquisaca, donde es un cultivo esencial para la población, particularmente para los sectores más vulnerables. En la campaña de verano 2007-2008, el maíz ocupó la primera posición en superficie cultivada con 82,981 ha y el segundo lugar en volumen, con 103,117 toneladas (INFOAGRO, 2008). Sin embargo, el déficit de maíz en el departamento ha llevado a la importación de 3,684 toneladas desde Cochabamba y Santa Cruz, y existe un déficit de 150,000 toneladas de maíz amarillo, según PROMASOR (2013). Este panorama resalta la relevancia del maíz en la lucha contra el hambre en el país.

La Seguridad Alimentaria (SA), definida en la Cumbre Mundial sobre Alimentación de 1996, busca garantizar el acceso físico, social y económico de las personas a alimentos suficientes y nutritivos (FAO, 2011). Aunque América Latina y el Caribe han logrado avances en la reducción del hambre y la pobreza rural, aún se enfrenta a desafíos significativos, ya que casi la mitad de la población rural es pobre, y un tercio vive en condiciones de pobreza extrema (FAO, 2014). La agricultura familiar, que produce el 80% de los alimentos a nivel mundial, juega un papel crucial en la seguridad alimentaria, proporcionando alimentos frescos y orgánicos para consumo propio o para los mercados locales, contribuyendo así a mejorar la calidad nutricional y reducir la pobreza (Moyano, 2014).

La evolución del maíz está vinculada a las prácticas de selección que los agricultores continúan desarrollando, buscando mejorar los rendimientos y adaptarse a las condiciones locales. La preservación de los recursos genéticos, tanto in situ como ex situ, es fundamental para la mejora de las variedades locales (Magdaleno-Hernández et al., 2016). Además, la variabilidad genética del maíz es notable, ya que los agricultores gestionan una amplia gama de variedades adaptadas a distintos hábitats y presiones ecológicas (Hernández, 1972). Es importante destacar la resistencia de las semillas a daños mecánicos y su capacidad para germinar bajo condiciones adecuadas, lo que impacta directamente en la calidad y rendimiento de los cultivos (Desai et al., 1997; Basu, 1994).

En las comunidades rurales de Chuquisaca, especialmente en las regiones periurbanas de Yotala y Sucre, el maíz es una fuente crucial de sustento alimentario y económico. En estos lugares, los agricultores conservan una parte de su cosecha como material genético para las futuras siembras. Es esencial evaluar tanto la calidad fisiológica como sanitaria de las semillas utilizadas, ya que esto afecta directamente la productividad y la sostenibilidad de los cultivos. Este estudio busca resaltar la importancia del maíz como recurso alimentario y económico, así como la relevancia de conocer y garantizar la calidad del material genético que utilizan las familias en estas regiones para asegurar una producción más eficiente y sostenible.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

La primera fase del trabajo fue de recolección y selección del material genético en las seis comunidades de estudio. La segunda fase del trabajo fue realizar las pruebas en el laboratorio de semillas de la Facultad de ciencias agrarias de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, ubicada en el Centro de Investigación e Innovación Villa Carmen. En la Tabla 1, se detallan las localidades donde se realizó la recolección de lotes de semillas.

### Diseño experimental y evaluación de datos

La evaluación, fue procesada con el modelo lineal generalizado bajo el supuesto de distribución binomial, en base a la estructura del diseño bloques al azar, que incluye el experimento factorial 6\*6 con 6 bloques o repeticiones (comunidades) y 6 tratamientos (lotes), a los cuales se les aplicó el análisis de varianza ANOVA, cuando presentaron una diferencia estadística se aplicó la prueba de medias de Tukey al ( $p < 0.05$ ).

### Recolección de material genético

Fueron recolectados entre 250 a 700 gramos. de semillas, denominados lotes, estos lotes fueron reunidos de 6 familias diferentes en cada comunidad de estudio, siendo de dos variedades diferentes amarillo criollo y blanco perla.

### Pruebas de Laboratorio

*Análisis de Pureza:* Esta prueba fue realizada separando cada lote de semilla en tres partes, semilla pura, otras semillas y material inerte. Cada parte fue pesada por separado para llegar a un resultado final según las reglas de (International Seed Testing Association - ISTA 2016 & Regras para Análise de sementes - RAS 2009).

*Peso de masa de 1000 semillas:* Esta prueba fue realizada de acuerdo con las reglas de (Regras para análisis de sementes RAS 2009) Se utilizaron de seis a ocho repeticiones de 100 semillas, para cada lote de semilla y la media de los datos fue expresada en gramos. Primero se debió calcular la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación, si este coeficiente es  $\leq 6\%$  el resultado se considera aceptable y el peso de masa de 1000 semillas puede ser calculado de la siguiente manera:  $\text{Peso de mil semillas (PMS)} = \text{Peso medio de las repeticiones por}$

10. El resultado final fue expresado en gramos como fue medido en cada repetición.

*Prueba de Germinación:* Se realizó en laboratorio bajo condiciones controladas, superando las limitaciones de las pruebas de campo, donde la variabilidad ambiental afecta la precisión de los resultados. Siguiendo las normas internacionales (ISTA 2008), se utilizó el método de rollo de papel, recomendado por el manual brasileño de análisis de semillas (RAS 2009). Se humedecieron tres hojas de papel toalla (Maxi Rollo Élite) y se sembraron 30 semillas por rollo, realizando tres repeticiones por tratamiento. Los rollos se colocaron en bolsas plásticas dentro de una cámara germinadora a 20-30°C y 50-60% de humedad. La evaluación se realizó a los 6 días, clasificando las semillas en plantas normales, anormales y no germinadas (RAS & ISTA 2009). Para calcular el porcentaje de germinación se toma en cuenta la siguiente fórmula:

(1)

$$\% \text{ de Germinación} = P_n / N * 100$$

Dónde: P<sub>n</sub> = Número de plantas germinadas normales; N= número total de semillas sembradas para germinar

Este cálculo se realiza para cada repetición por tratamiento, luego se calcula la media por cada tratamiento y se expresa en % de germinación.

*Prueba de resistencia al frío:* Esta prueba fue realizada con una repetición por tratamiento, un rollo de papel humedecido con 30 semillas sembradas, luego fueron colocados en bolsas plásticas e introducidos en cajas plástica y cerradas herméticamente, posteriormente depositadas dentro de un frízer graduado a 10 °C durante un periodo de 7 días según la guía práctica de (Marco Eustaquio de Sá 2011). Pasado este tiempo los rollos de papel fueron llevados a la cámara germinadora graduada a 25°C y humedad relativa de 50% por un periodo de 7 días para su posterior evaluación según las reglas (RAS & ISTA 2009). Los resultados fueron expresados en porcentaje (%) de germinación siguiendo los mismos aspectos que en la prueba de germinación.

*Prueba de sanidad:* Se evaluó la sanidad de las semillas mediante la inspección de 50 semillas por lote. Las semillas con orificio de salida de insecto fueron separadas. Las demás se remojaron durante 24 horas y luego se realizó un corte transversal para identificar la presencia de daños por insectos, según las normas (RAS & ISTA 2009). Después se sumaron las semillas con orificio y en las que se

encontró huevo, gusano o insecto adulto dentro y fueron representadas en porcentaje.

## Resultados

### *Prueba de Pureza*

Se consideraron tres aspectos para determinar el porcentaje de pureza de las semillas, según lo descrito en la metodología de esta investigación adecuadas a (ISTA & RAS 2009), que son: Semilla Pura, material inerte y otras semillas. Según la prueba de medias (Figura N° 1) realizada para, la interpretación del porcentaje de pureza se muestra que las comunidades de Tipaca, Anfaya y La Barranca que tienen la media de porcentajes más alta con 100 % "a", luego se encuentran las comunidades de Sojtapata y Llinfi con 99% "ab" y por último la comunidad de Sonkochipa con el 98% "b".

### *Peso de masa de 1000 semilla*

La prueba de peso de mil semillas se realizó pesando de 6 a 8 repeticiones de cien semillas puras para obtener un peso medio adaptado al método de (RAS & ISTA 2009). Según la prueba de medias realizada para, la interpretación del peso de mil semillas.

### *Prueba de Germinación*

Esta prueba se realizó adaptada a la metodología de (ISTA & RAS 2009) separando 100 semillas del lote de semillas puras, y sembradas en tres rollos de papel como se describe en la metodología de la prueba considerando tres aspectos fundamentales para determinar el porcentaje de germinación de las semillas, que son: 1) Plantas Normales, 2) Plantas anormales o enfermas y 3) Semillas no germinadas. Según la prueba de medias realizada para la interpretación del porcentaje de germinación (Figura N° 3), se demuestra que las comunidades de Tipaca y Llinfi tienen el porcentaje más alto con 97% "a", luego está La Barranca con el 96% "a", Anfaya con el 95% "a", Sojtapata con el 90% "ab" y por último Sonkochipa con el 85% "b".

### *Prueba de Sanidad*

Esta prueba se realizó adaptada a la metodología de (ISTA & RAS 2009) considerando tres aspectos fundamentales para determinar el porcentaje de sanidad de las semillas, según lo descrito en la metodología de esta investigación, que son: 1) Semillas perforadas por insectos, 2) Semillas con insecto o huevo dentro y 3) Semillas

**Tabla 1.** Descripción del área de estudio y comunidades donde se recolectó el material genético.

Comunidad	Región	Descripción	Coordenadas geográficas	Altura (m.s.n.m)
Sonkochipa	Sucre D6	distante a 7 Km de la ciudad de Sucre	18°59'15.1" LS y 65°12'18.4" LW	2970
Sojtapata	Sucre D6	distante a 20 Km de la ciudad de Sucre	19°2'42.3"LS y 65°5'20.5" LW	2819
Llinfi	Sucre D6	distancia de 6 Km de la ciudad de Sucre	18°59'7.9" LS y 65°17'40.8" LW	2938
La Barranca	Sucre D6	distancia de 5 Km de la ciudad de Sucre	18°58'27.6" LS y 54°19'4.4" LW	2982
Anfaya San Cristóbal	Yotala	distancia de 10 Km de la población de Yotala	19°15'20.3" LS y 65°13'14.8" LW	3052
Tipaca	Yotala	distancia de 15 Km de la población de Yotala	19°15'41.4" LS y 65°18'34.8" LW	2870

infectadas con hongos. Según la prueba de medias realizada para la interpretación del porcentaje de sanidad (Figura N°4), se demuestra que la comunidad de Tipaca tiene el porcentaje más alto con 97% "a", seguida de las comunidades de Anfaya, La Barranca y Sojtapata con el 96% "a", Llinfi con el 92% "ab", y por último Sonkochipa con el 73% "b".

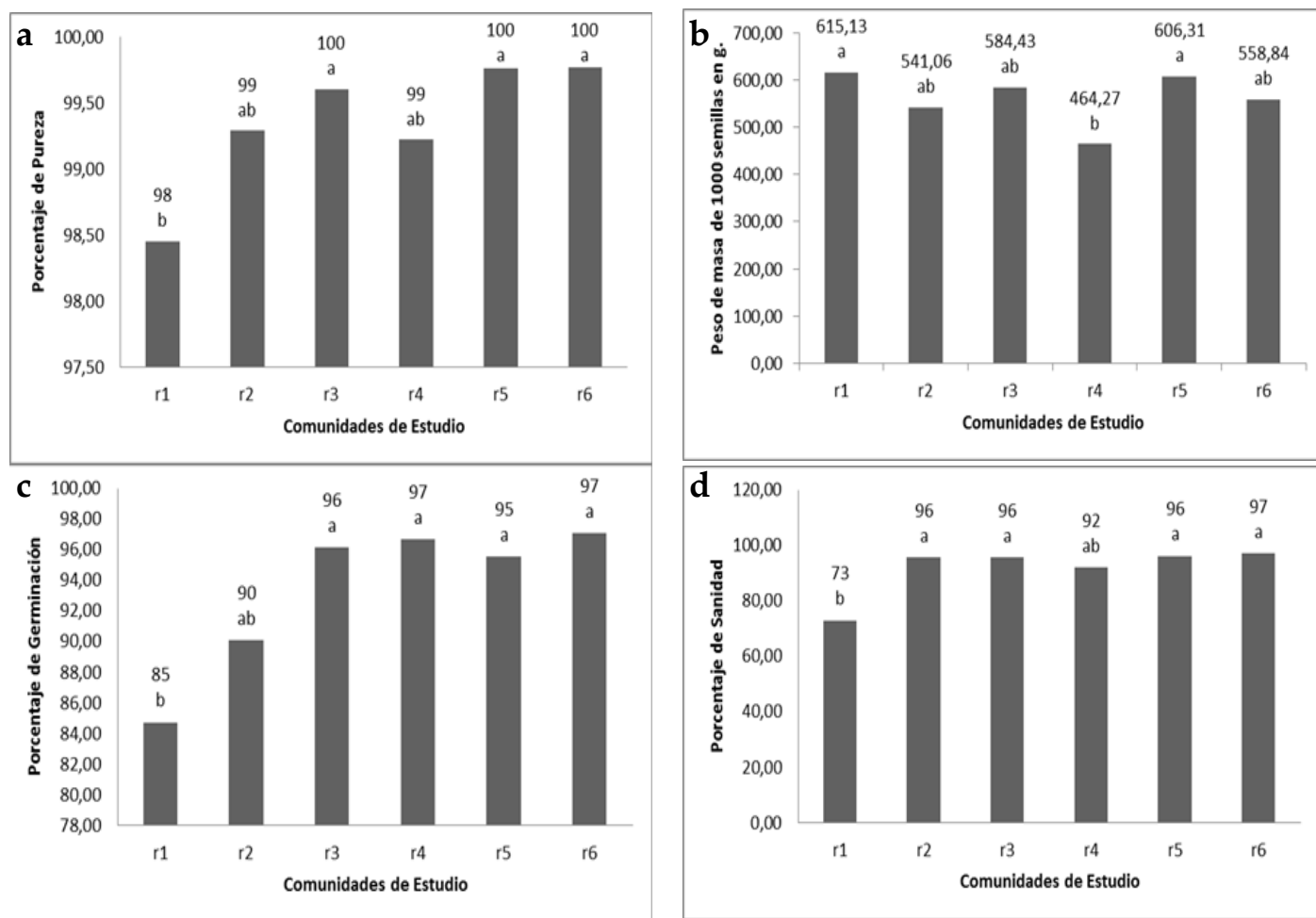
**Prueba de resistencia al frío**

Esta prueba se realizó adaptada a la metodología de (ISTA & RAS 2009) sometiendo las semillas a una temperatura menor de 10 °C por un periodo de 7 días, luego se realizó la prueba de germinación según lo descrito en la metodología de la investigación. Con esta Prueba observamos que, si existe una disminución en las medias de los tratamientos de alrededor de 4%, de una media de 94% de germinación en condiciones favorables baja a 90% cuando las semillas son sometidas a bajas temperaturas. La comparación de medias entre el porcentaje de germinación con el porcentaje de semillas germinadas después de la prueba de frío. (Figura N°5), algunas aumentaron en porcentaje el caso de las comunidades Sonkochipa (r1) y Sojtapata (r2). Pero luego observamos la reducción significativa en los porcentajes de germinación tal es el caso de las comunidades La Barranca (r3), Llinfi (r4), Anfaya (r5) y Tipaca (r6).

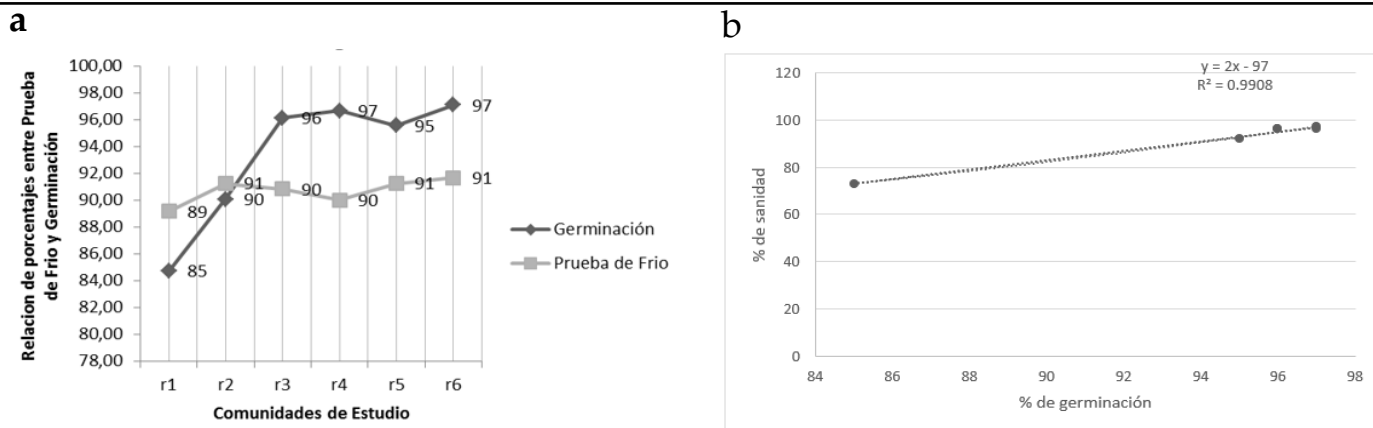
La (figura N°6), representa la regresión lineal entre el porcentaje de germinación y el porcentaje de sanidad de los lotes de semillas analizados, esta figura representa una tendencia positiva, es decir que cuando aumenta la sanidad del lote también incrementa el porcentaje de germinación de las semillas. Se observa que las comunidades de Anfaya (r5) y Tipaca (r6) representan los mejores resultados, de forma equitativa con los resultados obtenidos tanto en el porcentaje de germinación como la sanidad de las semillas. Así mismo, la relación r2 de 0.99 indica una fuerte relación entre las variables. Demuestra que las semillas sanas presentan mayor vigor y expresan una germinación equilibrada y de muy buena calidad.

**Discusión**

La capacidad y tecnología de almacenamiento de semilla es un factor de importancia para mejorar la pureza y calidad fisiológica de las mismas, es por eso que las comunidades con mayor porcentaje de pureza son Anfaya y Tipaca que cuentan con un 90% de familias dotadas de pequeños silos de almacenamiento, esto nos demuestra la importancia de capacitar a las familias productoras en almacenamiento de su semilla de maíz. En cuanto al proceso de secado de la semilla no es el adecuado y algunas familias están secando su semilla hasta un punto



**Figura 1a, b, c y d:** Prueba de medias para los porcentajes de pureza de los lotes de semilla recolectados en las comunidades de Sonkochipa (r1), Sojtapata (r2), La Barranca (r3), Llinfi (r4), Anfaya (r5), San Cristóbal (r6) y Tipaca. Las medias representadas por la misma letra no muestran diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey (p<0.05).



**Figura 5.** (a) Relación entre los porcentajes de germinación y la prueba de resistencia al frío en los lotes de semillas recolectados en las comunidades de Sonkochipa (r1), Sojtapata (r2), La Barranca (r3), Llinfi (r4), Anfaya (r5), San Cristóbal (r6) y Tipaca, (b) Regresión lineal entre el porcentaje de germinación y el porcentaje de sanidad en los lotes de semilla recolectados en las comunidades mencionadas.

**Tabla 2.** Resumen de datos obtenidos en las comunidades, con clasificación de acuerdo a las medias obtenidas para cada variable, separadas en los valores de: Muy Buena, Buena, Regular y Malo

Comunidad	Variable	Media	Clasificación
Sonkochipa	Pureza	98%	Regular
	Peso de masa de mil semillas	464,27 g.	Buena
	Porcentaje de germinación	85 %	Regular
	Sanidad	73%	Malo
	Prueba de frio	89%	Regular
Sojtapata	Pureza	99%	Muy Buena
	Peso de masa de mil semillas	541,07 g.	Muy Buena
	Porcentaje de germinación	95%	Buena
	Sanidad	92%	Regular
	Prueba de Frio	91%	Regular
La Barranca	Pureza	99%	Muy Buena
	Peso de masa de mil semillas	558,84 g.	Muy Buena
	Porcentaje de germinación	96%	Buena
	Sanidad	96%	Buena
	Prueba de Frio	91%	Regular
Llinfi	Pureza	100%	Muy Buena
	Peso de masa de mil semillas	584,43 g.	Muy Buena
	Porcentaje de germinación	96%	Buena
	Sanidad	96%	Buena
	Prueba de Frio	90%	Regular
Anfaya San Cristobal	Pureza	100%	Muy Buena
	Peso de masa de mil semillas	606,31 g.	Muy Buena
	Porcentaje de germinación	97%	Buena
	Sanidad	96%	Buena
	Prueba de Frio	91%	Regular
Tipaca	Pureza	100%	Muy Buena
	Peso de masa de mil semillas	615,13 g.	Muy Buena
	Porcentaje de germinación	97%	Buena
	Sanidad	97%	Buena
	Prueba de Frio	92%	Buena

de humedad muy bajo, lo cual ocasiono que algunos lotes resultaran mejores en la prueba de frio, no demostrando vigor de la semilla si no, que al tener bajo porcentaje de humedad la semilla toma un tiempo mucho más largo en absorber agua antes de empezar en condiciones ideales de germinación, lo cual afectara directamente en la uniformidad de germinación de estos lotes de semilla, afectando su desenvolvimiento fisiológico, trato cultural y productividad. Lo que concuerda con el estudio realizado por Mercado *et al.*, (2002), encontrando resultados similares cuando los porcentajes de humedad de las semillas son controlados el poder germinativo aumenta en el cultivo de maíz.

La metodología utilizada en este estudio, repite la metodología utilizada por Laynez *et al.*, (2010), para lograr determinar las cualidades físicas y fisiológicas de semillas de maíz en un entorno controlado de laboratorio. Sin embargo, algunas pruebas fueron adaptadas al medio y materiales disponibles para su realización, no en tanto, genera resultados de similares características en lotes de semillas. En general la semilla en poder germinativo y vigor resulto en buenas condiciones según las pruebas realizadas, pero es importante señalar que estas pruebas fueron aplicadas en semillas almacenadas poco tiempo, el manejo de estas semillas en la postcosecha nos indica que pueden sufrir daños por secado, humedad y almacenamiento en procesos más largos, por encima de los ocho meses de almacenamiento.

## Conclusiones

El estudio destaca que el adecuado almacenamiento de semillas, controlando humedad y temperatura, mejora su calidad física y sanitaria. Las comunidades con mejores prácticas, como Anfaya y Tipaca, muestran buenos resultados en germinación y vigor. Sin embargo, Sonkochipa presenta los peores índices de sanidad y rendimiento

## Agradecimientos

Agradecemos a Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria, Instituto Politécnico Tomas Katari (IPTK) y al Gobierno Municipal de Yotala por su apoyo logístico y organizacional en la recolección de material genético.

## Referencias

- Beingolea, L., Fukushima, M., Figueroa, C., & Rojas, V. (2022). The effect of different concentrations of em in the germination of seeds damaged (under force) of maize under laboratory conditions. *South Florida Journal of Environmental and Animal Science*, 2(1), 12–19.
- Bilanski, W. K., & Lal, R. (1965). The behavior of threshed materials in a vertical wind tunnel. *Transactions of the ASAE*, 411–416.
- Chayanov, A. (1974). *La organización de la unidad doméstica campesina*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Nueva Visión.
- Desai, B. B., Kotecha, P. M., & Salunkhe, D. K. (1997). *Seeds handbook*. Nueva York, EE. UU.: Marcel Dekker.
- FAO. (2011). *United Nations decade of family farming 2019-2028*. Global Action Plan. Recuperado de <http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1195619/>
- FAO. (2014). *Agricultura familiar y sistemas alimentarios inclusivos para el desarrollo rural sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Gutiérrez, C. (2010). Evaluación de la importancia de la producción del Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) en la seguridad alimentaria en familias campesinas de cinco comunidades del municipio de Sorata del Departamento de La Paz. La Paz, Bolivia: Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.
- Hernández, X. E. (1972). Exploración etnobotánica en maíz. *Fitotecnia Latinoamericana*, 8, 46–51.
- INE. (2017). *Encuesta Agropecuaria 2015*. La Paz, Bolivia: Instituto Nacional de Estadística.
- INFOAGRO Bolivia. (2008). *Sistema de información para cadenas productivas: Cultivo del maíz*. Bolivia.
- ISTA (International Seed Testing Association). (2008). *International rules for seed testing*. Bassersdorf, Suiza.
- Kameswara Rao, N., Hanson, J., Dulloo, M. E., Ghosh, K., Nowell, D., & Larinde, M. (2007). *Manual para el manejo de bancos de germoplasma*.
- King, D. L., & Riddolls, A. W. (1960). Damage to wheat seed and pea seed in threshing. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 7(2), 90.
- La Gra, J., Kitinoja, L., & Alpizar, K. (2016). *Metodología de evaluación de cadenas agroalimentarias para la identificación de problemas y proyectos*. San José, Costa Rica: IICA.
- Laynez Garsaball, J., Méndez Natera, J. R., & Mayz Figueroa, J. (2010). Germinación de semillas de maíz (*Zea mays*) bajo estrés hídrico simulado. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 41(2).
- Magdaleno-Hernández, E., Mejía-Contreras, A., Martínez-Saldaña, T., Jiménez-Velazquez, M. A., Sanchez-Escudero, J., & García-Cué, J. L. (2016). Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(3), 437–447. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx>.
- Marcos Filho, J. (2005). *Fisiología de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba, Brasil: Autor.
- Mercado Puerto, A. E., & Méndez Medal, C. A. (2002). Diagnóstico sobre el manejo postcosecha y la calidad inicial de la semilla de granos básicos producida artesanalmente en cinco zonas de Nicaragua. *Ingeniería thesis*, Universidad Nacional Agraria, UNA.
- Mohsenin, N. N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials* (2.ª ed.). Nueva York, EE. UU.: Gordon and Breach Science Publishers.
- Multon, J. L., Bizot, H., Doublie, J. L., Lefebvre, J., & Abbott, D. C. (1981). Effect of water activity and sorption hysteresis on rheological behavior of wheat kernels. En L. B. Rockland & G. F. Stewart (Eds.), *Water activity: Influences on food quality* (pp. 179–198). Nueva York, EE. UU.: Academic Press.
- Moyano, E. (2014). *Agricultura familiar. Algunas reflexiones para un debate necesario*. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 14(1), 133–140. Recuperado de <https://ageconsearch.umn.edu/record/180114/files/7Tribuna.pdf>.
- Niño C., V., Nicolás M., C., Pérez L., D. J., & González H., A. (1998). Estudio de trece híbridos y cinco variedades de maíz en tres localidades del Valle Toluca-Atlamulco. *Revista Ciencias Agrícolas Informa*, 12, 33–43.
- PROAGRO. (2010). *Modelos de gestión. Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable*, Bolivia.
- PROMASOR. (2013). *Asociación de Productores de Maíz y Sorgo (Promasor)*. Promasor revela el futuro potencial productivo del maíz en Bolivia.
- RAS (Regras Para Análise de Sementes). (2009). *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*, Brasil.
- Sánchez, I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *REDUCA (Biología)*, 7(2), 151-171.
- Scully, B. T., Stofella, P. J., & Cantlife, D. J. (1990). Field emergence of shrunken-2 corn predicted by single-and multiple-vigor laboratory tests. *Journal of the American Society for Horticultural Science*.
- Wolf, E. (1975). *Los campesinos*. Barcelona, España: Editorial Labor