

COMPORTAMIENTO *IN VITRO* DE ONCE ECOTIPOS DE OCA (*Oxalis tuberosa* Mol.) EN LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO

In vitro behavior of eleven ecotypes of oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) at the establishment stage

Raquel Tapia Quisbert¹, Wara Q'ñita Yampara Blanco², Liz Salazar Barao³

RESUMEN

La diversidad de ecotipos de oca es la fuente de seguridad alimentaria de los pueblos, las técnicas de biotecnología permiten obtener material vegetal libre de enfermedades y rejuvenecer la semilla tubérculo, en ese sentido el presente trabajo de investigación determinó el comportamiento *in vitro* de once ecotipos de oca. Los ecotipos utilizados fueron Qhini, Chh'ismi, Muru Allqha, Sawasira, Sauciri, Sucrencia, Wathia, Chiwaku, Ulincate, Chh'iýara y Waricaya provenientes de la comunidad Pasuja, provincia Camacho, el trabajo de investigación de desarrollo en el laboratorio de Biotecnología de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Unibol Aymara "Tupak Katari" donde se evaluó las características de las plántulas en condiciones *in vitro*. Se utilizaron once ecotipos de oca, en etapa de brotación para extraer las yemas del tubérculo y realizar el establecimiento *in vitro* en tubos de ensayo con medio de cultivo MS, agar agar y carbohidratos, realizando la evaluación a las tres semanas después del establecimiento. El análisis de varianza se realizó con el programa Infostat (versión libre), las variables evaluadas son porcentaje de sobrevivencia, número de hojas y altura planta. Los ecotipos que mejor se comportaron son Sawasira, Muru allqha, Sucrencia y Wathia, Ulincate, Waricaya y Chismi con mejores características con respecto a la altura planta. Los ecotipos que no se desarrollaron fueron Chiwaku, Qhini y Saucira. El comportamiento en la etapa de establecimiento de los once ecotipos es diferente en cuanto a la altura, número de hojas y porcentaje de sobrevivencia, pues tres ecotipos resultaron ser más susceptibles al proceso de desinfección llegando a no desarrollarse.

Palabras clave: ecotipos de oca, vitroplantas, establecimiento, biotecnología, tubérculo semilla.

ABSTRACT

The diversity of oca ecotypes is the source of food security for rural communities. Biotechnology techniques make it possible to obtain disease-free plant material and rejuvenate tuber seeds. In this regard, this research study determined the *in vitro* behavior of eleven oca ecotypes. The ecotypes used were Qhini, Chh'ismi, Muru Allqha, Sawasira, Sauciri, Sucrencia, Wathia, Chiwaku, Ulincate, Chh'iýara, and Waricaya from the Pasuja community in Camacho province. The research was conducted in the Biotechnology Laboratory of the Agricultural Engineering Department at Unibol Aymara "Tupak Katari," where the characteristics of the seedlings were evaluated under *in vitro* conditions. Eleven ecotypes of oca were used in the sprouting stage to extract the buds from the tuber and establish them *in vitro* in test tubes with MS culture medium, agar agar, and carbohydrates, with evaluation performed three weeks after establishment. The analysis of variance was performed using the Infostat program (free version). The variables evaluated were survival rate, number of leaves, and plant height. The ecotypes that performed best were Sawasira, Muru allqha, Sucrencia, Wathia, Ulincate, Waricaya, and Chismi, which had the best characteristics in terms of plant height. The ecotypes that did not develop were Chiwaku, Qhini, and Saucira. The performance of the eleven ecotypes during the establishment stage differed in terms of height, number of leaves, and survival rate, as three ecotypes proved to be more susceptible to the disinfection process and failed to develop.

Keywords: oca ecotypes, vitroplants, establishment, biotechnology, seed tuber.

¹ ✉ Docente, Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Indígena Boliviana Aymara "Tupac Katari", Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8519-499X>. raqueltq26@gmail.com

² Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7592-6514>. wqyampara@umsa.bo

³ Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Indígena Boliviana Aymara "Tupac Katari", Bolivia.

INTRODUCCIÓN

En Bolivia los tubérculos de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), papalisa (*Ullucus tuberosus* Loz.) e isaño (*Tropaeolum tuberosum* R&P.), son cultivos importantes por ser fuente de alimentación y apoyo económico para los agricultores en los sistemas de producción tradicionales comprendidos entre 3 000 a 3 800 m s.n.m. Además, que la oca es el segundo tubérculo más consumido a nivel Nacional (Yampara, 2007).

La biodiversidad es un elemento clave en la producción de alimentos. La biodiversidad –tanto silvestre como cultivada– contribuye a la sostenibilidad de la producción agrícola mediante el acceso a la diversidad genética y al material necesario para impulsar la innovación y la adaptación a nuevos procesos (DeClerck et al., 2015). Morillo et al. (2019) indican que la oca es una especie de multiplicación vegetativa por tubérculos semilla, que según PROINPA (2003) tiene problemas con la acumulación de enfermedades virales debido a su forma de propagación.

El uso de técnicas de biotecnología permite la obtención de semilla con alta calidad fitosanitaria, además de rejuvenecer la semilla, pudiendo generar plántulas de manera más rápida y homogéneas. En

ese sentido el objetivo de la presente investigación es la de describir el comportamiento de once ecotipos de oca en condiciones *in vitro* en la etapa de establecimiento con el fin de describir el desarrollo de las plántulas.

MATERIALES Y MÉTODOS



Ubicación de la zona de estudio

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Biotecnología de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Indígena Boliviana Comunitaria Intercultural Productiva Aymara “Tupak Katari”. Que se encuentra en la comunidad de Cuyahuani, a una Latitud: -16.2294° S y Longitud: -68.6775° W, a 74 km de distancia de la sede de gobierno, forma parte de la cuarta sección de la provincia Omasuyos del departamento de La Paz, Bolivia.

Metodología

El material biológico utilizado fueron tubérculos de oca de once ecotipos, recolectados por Machaca (2024) de la comunidad Pasuja, provincia Camacho, que se describen a continuación (Tabla 1):

Tabla 1. Material vegetal de inicio once ecotipos de oca.

Ecotipo	Características	Fotografía
Qhini	Color predominante de la superficie de tubérculos púrpura grisáceo (187A, B); color secundario de la pulpa de los tubérculos blanco (155D); distribución del color secundario de la superficie, ojos color predominante de la pulpa de los tubérculos blanco amarillento (158B); color secundario de la pulpa de los tubérculos amarillo (12C); distribución del color secundario de la pulpa anillo vascular.	
Chh'ismi	Color predominante de superficie de tubérculos rojo claro (rosado) (38A); color secundario de la pulpa de los tubérculos rojo pálido (39B, 51B); distribución de color secundario de la superficie ojos; color predominante de la pulpa de los tubérculos naranja amarillento (22B, 23C); color secundario de la pulpa de los tubérculos rojo pálido (39B, 51B); distribución del color secundario de la pulpa anillo vascular.	

Muru Allqha Color predominante de superficie de los tubérculos rojo naranja oscuro (34A); color secundario de la superficie de los tubérculos naranja amarillento (23B); distribución del color secundario de la superficie alrededor de ojos; color predominante de la pulpa de los tubérculos amarillo (10C, 12C, 13C); color secundario de la pulpa de los tubérculos ausente; distribución del color secundario de la pulpa anillo vascular y corteza.



Sawasira Color predominante de la superficie de los tubérculos rojo claro (rosado) (38A); color secundario de la superficie de los tubérculos blanco (155D); distribución del color secundario de la superficie ojos; color predominante de la pulpa de los tubérculos amarillo (10C, 12C, 13C); color secundario de la pulpa de los tubérculos rojo pálido (39B, 51B); distribución del color secundario de la pulpa médula y corteza.



Saucir Color predominante del superficie Naranja amarillento (22B; 23B); color secundario de la superficie rojo naranja (34C; 30D,C); distribución de color secundario superficie ojos e irregularmente distribuidos; color predominante de la pulpa Amarillo (10C, 12C, 13C); color secundario del pulpa de tubérculo blanco amarillento (158B); distribución del color secundario del pulpa anillo vascular y corteza.



Sucrencia Color predominante de superficie de los tubérculos amarillo (10C, 13C); color secundario de la superficie de los tubérculos ausente; distribución del color secundario de la superficie ojos; color predominante de la pulpa de los tubérculos blanco amarillento (158B); color secundario de la pulpa de los tubérculos amarillo (12C); distribución del color secundario de la pulpa anillo vascular y corteza.



Wathia Color predominante de los tubérculos Naranja amarillento (22B; 23B); color secundario de la superficie del tubérculo rojo claro (rosado) (38A); distribución de color secundario de la superficie ojos; color predominante de pulpa de los tubérculos amarillo (10C, 12C, 13C); color secundario de la pulpa de los tubérculos blanco amarillento (158B); distribución del color secundario de la pulpa corteza.



Chiwaku	Color predominante de los tubérculos blanco amarillento (158B); color secundario de la superficie de los tubérculos ausente; distribución del color secundario de la superficie ojos; color predominante de la pulpa de los tubérculos blanco (155B-D); color secundario de la pulpa de los tubérculos amarillo (12C); distribución del color secundario de la pulpa médula y corteza.	
Ullincate	Color predominante de los tubérculos amarillo (10C, 13C); color secundario de la superficie de los tubérculos rojo pálido (39B, 51B); distribución del color secundario de la superficie ojos; color predominante de la pulpa de los tubérculos blanco amarillento (158B); color secundario de la pulpa de los tubérculos amarillo (12C); distribución del color secundario de la pulpa médula.	
Chh'i'yara	Color predominante superficie del tubérculo púrpura grisáceo claro (187D); color secundario de los tubérculos rojo grisáceo (178C,D); distribución de color secundario del superficie ausente; color predominante de pulpa de los tubérculos blanco amarillento (158B); color secundario de la pulpa de los tubérculos rojo pálido (39B, 51B); distribución del color secundario de la pulpa anillo vascular.	
Waricaya	Color predominante de la superficie rojo claro (rosado) (38A); color secundario de la superficie de los tubérculos blanco (155D); distribución del color secundario de la superficie alrededor de ojos; color predominante de la pulpa de los tubérculos amarillo (10C, 12C, 13C); color secundario de la pulpa de los tubérculos blanco amarillento (158B); distribución del color secundario de la pulpa médula y corteza.	

Fuente: Machaca (2024).

El medio de cultivo se preparó con sales MS–Murashige y Skoog (1962), sacarosa al 3%, agar agar al 0.7% y el pH se ajustó a 5.7; luego se dispense en tubos de ensayo (2ml por tubo), posterior a ello se esterilizó por 15 minutos a una temperatura de 121 °C y una atmósfera de presión.

Para el establecimiento se seleccionaron brotes de los tubérculos de oca, para su desinfección se sumergió las yemas por 15 segundos en alcohol al 70% y luego 15 minutos en lavandina al 3% posterior pasa al agua

destilada, por dos ocasiones para retirar la lavandina (Tapia, 2007).

Todo este procedimiento se realiza en la cámara de flujo laminar donde se procede al establecimiento, para luego trasladar a la sala de crecimiento para el desarrollo, para posterior toma de datos de las variables de respuesta: altura planta, número de hojas y porcentaje de sobrevivencia a las tres semanas después del establecimiento.

La metodología empleada es de tipo experimental, con un enfoque cuantitativo, con el factor de estudio: ecotipos de oca utilizando el diseño completamente al azar. Para realizar el análisis de varianza y comparación de medias según Duncan a un nivel de significancia del 0.05, se utilizó el programa estadístico Infostat (versión libre).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Ecotipos de oca

Se introdujeron 11 ecotipos de oca: Qhini, Chh’ismi, Muru allqha, Sawasira, Saucira, Sucrencia, Wathia, Chiwaku, Ulincate, Chh’iyara y Waricaya. Los ecotipos que no se establecieron fueron Chiwaku, Qhini y Saucira como se muestra en la Figura 1.

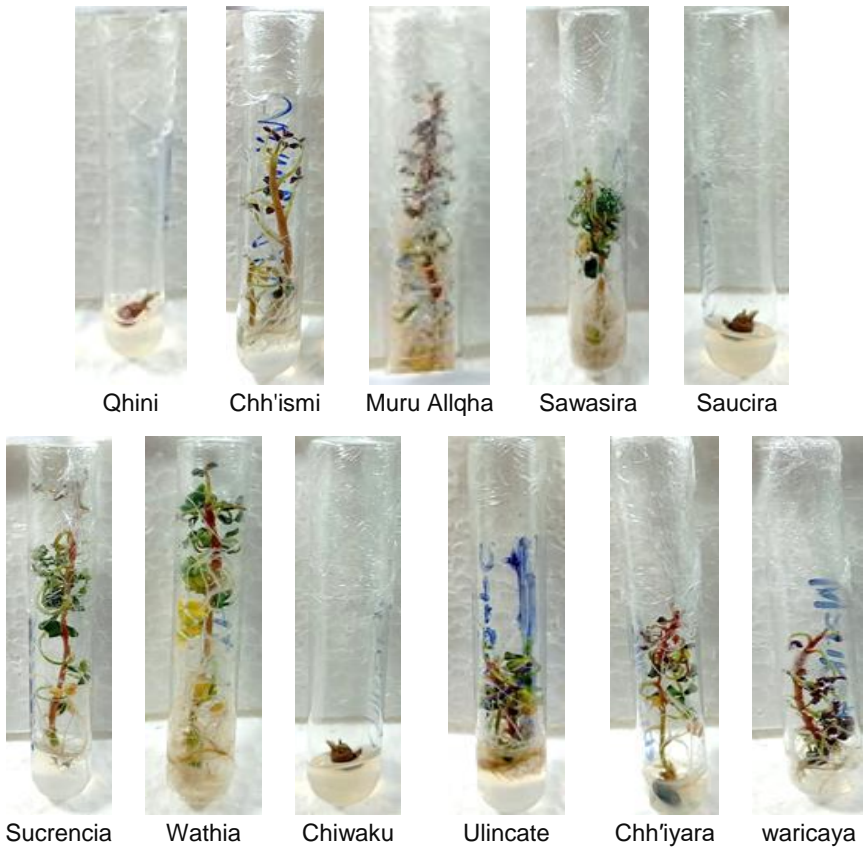


Figura 1. Plántulas de once ecotipos de oca establecidos en condiciones *in vitro*.

Altura planta

En la Tabla 2, se puede observar el análisis de varianza para altura plántula a un nivel de significancia

del 0.05, para el factor ecotipos existe diferencias altamente significativas. Con un coeficiente de variación de 29.85.

Tabla 2. Análisis de varianza para altura plántula.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Estadístico F	P-valor	Significancia
Ecotipos	10	67.10	6.71	14.05	0.0001	**
Error	22	10.51	0.48			
Total	32	77.60				

Coeficiente de variación = 29.85%

En la Figura 2 se puede observar la comparación de medias Duncan para la variable altura planta, formando seis grupos bien definidos con una mejor altura de planta para el ecotipo Sawasira, seguido por los ecotipos Muru allqha, Sucrencia y Wathia con 4 cm,

3.80cm y 3.23 cm respectivamente, luego el ecotipo Ulincate con 2.80 cm seguidos por Waricaya, Chismi con 2.17 cm y 2.07cm, por último Chiwaku, Qhini y Saucira que no desarrollaron.

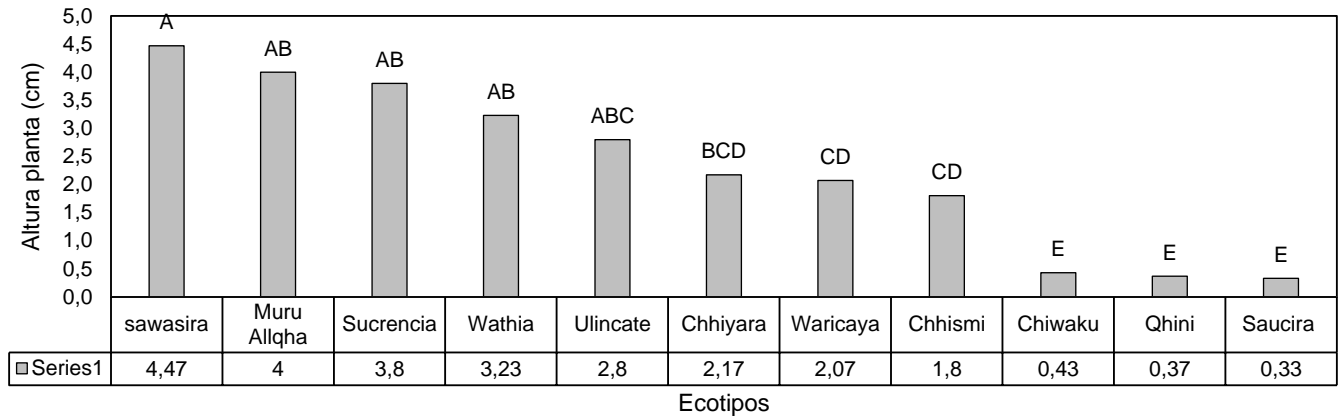


Figura 2. Comparación de medias por Duncan a un nivel de significancia de 0.05 para la variable altura planta.

Número de hojas

Esta variable se evaluó a las tres semanas después del establecimiento, contando las hojas existentes en cada plántula. En la Tabla 3, se observa el análisis de

varianza para la variable número de hojas a un nivel de significancia de 0.05, para los ecotipos resultó altamente significativo, con un coeficiente de varianza de 16.58.

Tabla 3. Análisis de varianza para número de hojas.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Estadístico F	P-valor	Significancia
Ecotipos	10	612.97	61.3	61.3	0.0001	**
Error	22	22	1			
Total	32	634.97				

Coeficiente de variación = 16.58%

En cuanto al número de hojas, como se puede observar en la Figura 3, el ecotipo Ulincate desarrollo 13 hojas, seguido de Sawasira y Muru allqha con 10.67

hojas luego Chhismi, Chhiyara, Sucrencia y Wathia con datos que van de 6.67 a 5 hojas en promedio Qhini, Sauciri y Chiwaru no desarrollaron hojas.

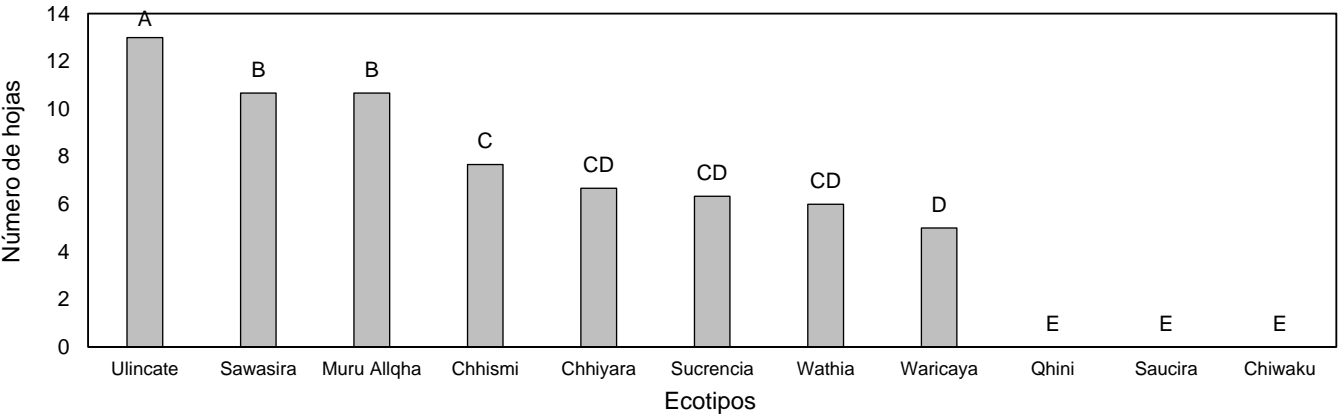


Figura 3. Comparación de medias Duncan a un nivel de significancia de 0.05 para número de hojas.

Porcentaje de sobrevivencia

Para esta variable se tomó en cuenta solo las plántulas que sobrevivieron y desarrollaron (Figura 4), obviando

a las plantas contaminadas y a las que no desarrollaron por causa de la desinfección.

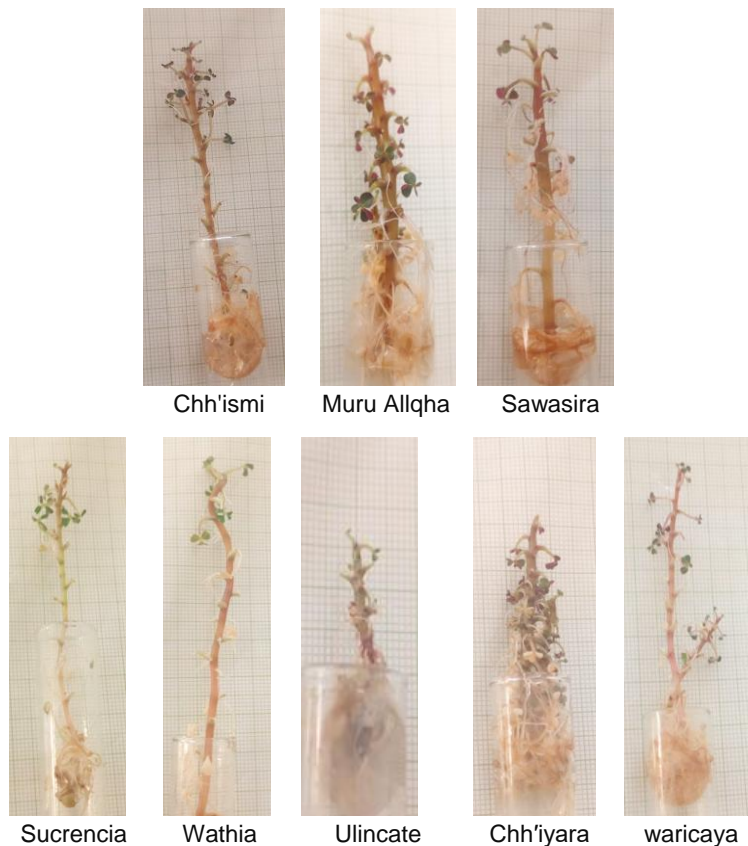


Figura 4. Plántulas de eco tipos de oca que sobrevivieron en condiciones *in vitro*.

En la Tabla 4, se observa el análisis de varianza para porcentaje de sobrevivencia a un nivel de significancia de 0.05 encontrando diferencias altamente significativas entre ecotipos. Con un coeficiente de varianza de 9.61 indicando que los datos con confiables.

Tabla 4. Análisis de varianza para porcentaje de sobrevivencia.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Estadístico F	P-valor	Significancia
Ecotipos	10	37018	3701.82	152.7	0.0001	**
Error	22	533.33	24.24			
Total	32	37551.52				

Coeficiente de variación = 9.61%

El porcentaje de sobrevivencia según la comparación de medias Duncan como se puede observar en la Figura 5, es de 90% para el ecotipo Ullincate y Sucrencia con 86.66% entre ambos esta diferencia no es significativa, seguidos de Sawasira, Wathia y Muru allqha entre 76.67% y 70% y por debajo del 56% Chhismi, Chhiyara y Waricaya, no sobrevivieron a la desinfección los ecotipos Qhini, Saucira y Chiwaku

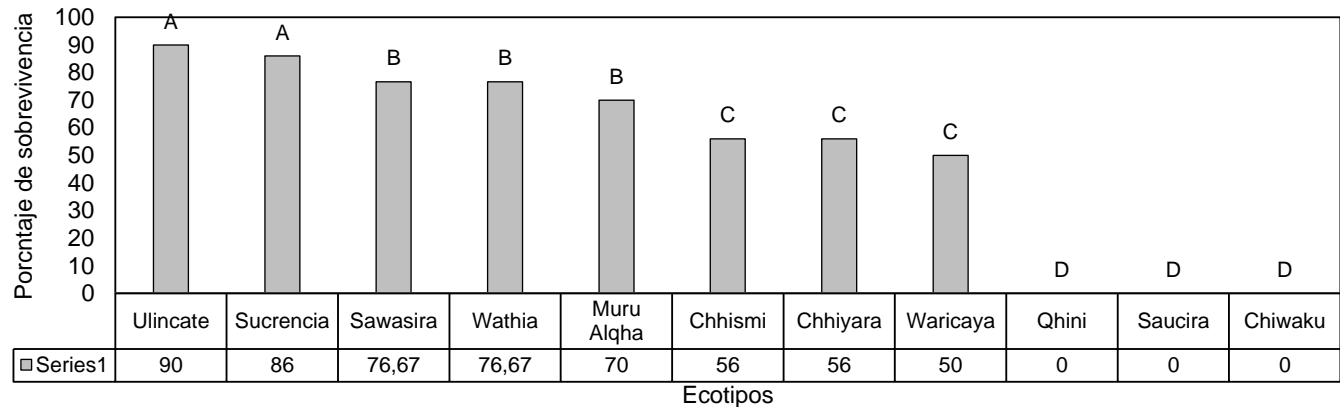


Figura 5. Comparación de medias Duncan para la variable porcentaje de sobrevivencia a un nivel de significancia de 0.05.

Se observa los análisis de varianza de las diferentes variables de respuesta son altamente significativos, esto puede deberse a la características genéticas correspondientes a cada ecotipo, al respecto Bhojwani y Razdan (1996) mencionan reproducción asexual en plantas ha sido ampliamente estudiada por su relevancia en la propagación de especies de interés agrícola, por su parte George y Sherrington (1984) mencionan la propagación *in vitro* que permite controla factores ambientales y permite experimentar con la genética de la planta en condiciones optimizadas para cada especie. La influencia genética en este contexto juega un papel crucial, ya que determina la capacidad de las plantas para responder a los tratamientos *in vitro* y desarrollar.

Jarvis et al. (2011) indica que en cultivos propagador de manera vegetativa o reproducción asexual pueden existir diferencias genéticas, en el caso de la oca por su forma de reproducción y manutención por los pueblos de altiplano, se encuentran diferentes características, las cuales también se ven reflejadas en el comportamiento *in vitro*, pues como se observa en los resultados existen ecotipos que fueron más sensibles en el proceso de desinfección para posterior establecimiento, de la misma manera para altura planta y número de hojas.

CONCLUSIONES

Los ecotipos que mejor se comportaron en la etapa de establecimiento con respecto a la altura planta son Sawasira, Muru allqha, Sucrencia y Wathia con 4 cm, 3.80cm y 3.23 cm respectivamente, luego el ecotipo Ulincate con 2.80 cm seguidos por Waricaya, Chismi con 2.17 cm y 2.07cm. Los mejores ecotipos en el desarrollo de las hojas fueron Ulincate seguido de Sawasira y Muru allqha. Los ecotipos Chiwaku, Qhini y Saucira que no desarrollaron, llegando a morir debido al tratamiento de desinfección, por lo tanto el uso de alcohol al 70% y lavandina al 3% pueden causar la muerte de ápices en el momento de la desinfección.

BIBLIOGRAFÍA

- Bhojwani, SS; Razdan, MK. 1996. Plant tissue culture: Theory and practice (en línea). Development in Crop Science. Disponible en: <https://axonb.com/wp-content/uploads/2020/05/PLANT-TISSUE-CULTURE-Bhojwani-Razdan.pdf>
- DeClerck, F; Fanzo, J; Palm, C; Remans, R. 2011. Ecological approaches to human nutrition (en línea). Food and Nutrition Bulletin 32:41-50. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/51456440_Ecological_Approaches_to_Human_Nutrition
- George, EF; Sherrington, PD. 1984. Plant propagation by tissue culture: a hand book and dictionary of commercial laboratories. Exetetics Ltd., England.
- Jarvis, DI; Hodgkin, T; Sthapit, BR; Fadda, C; Lopez-Noriega, I. 2011. An heuristic framework for identifying multiple ways of supporting the conservation and use of traditional crop varieties within the agricultural production system (en línea). Critical Reviews in Plant Sciences 30(1-2):125-176. Disponible en <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554358>
- Machaca I. 2024. Caracterización de ecotipos de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) en la comunidad Pasuja, provincia Camacho (en línea). Universidad Indígena Boliviana Comunitaria Intercultural Productiva Aymara "Tupak Katari". La Paz, Bolivia. 97p.
- Morillo, CAC; Morillo, CY; Leguizamo, MMF. 2019. Caracterización morfológica y molecular de *Oxalis tuberosa* Mol. en el departamento de Boyacá (en línea). Revista Colombiana de Biotecnología 21(1):18-28. Disponible en <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.57356>
- Murashige, T; Skoog, 1962. A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum 15:473-497.
- PROINPA. 2003. Producción de oca, papalisa e isano. Desarrollo de estrategias de manejo de plagas y enfermedades (en línea). Cochabamba, Bolivia. Disponible en <https://www.proinpa.org/web/pdf/Raices%20y%20Tuberculos%20andinos/Tuberculos%20andinos/Produccion%20de%20oca,%20papalisa%20e%20isano.%20Desarrollo%20de%20estrategias%20de%20manejo%20de%20plagas%20y%20enfermedades.pdf>
- Tapia, QR. 2007. Efecto de la densidad de transplante de vitroplantas de ecotipos de ajo (*Allium sativum* L.) para la producción de semilla (en línea). Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/5088>
- Yampara, W. 2007. Comportamiento agronómico de dos ecotipos de oca (*Oxalis tuberosa*) bajo diferentes sustratos hidropónicos para la producción de semilla básica en invernadero. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5080>

Artículo recibido en: 27 de marzo del 2025

Aceptado en: 17 de agosto del 2025