

Agraria

Revista Científica de la
Facultad de Ciencias Agrarias



**Facultad
de Ciencias
Agrarias**



UNJu
Universidad
Nacional de Jujuy

Año 2023 | Volumen 16 (2)

Queda hecho el depósito que marca la ley.
ISSN 0328-8080
Año 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY

Rector

Mg. Ing. Agr. Mario César Bonillo

Vicerrectora

Dra. Lic. Liliana del Carmen Bergesio

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNJu

Decana

Dra. Noemí del Valle Bejarano

Vicedecana

Dra. Raquel Ángela Romeo

Sec. Académica: MSc. Susana E. Álvarez

Sec. Administrativa: Ing. Agr. Rodolfo Aguado

Sec. Extensión y Difusión: Ing. Agr. Graciela Elisa Simón

Sec. Ciencia y Técnica y Posgrado: M. Sc. Claudia B. Gallardo

COMITÉ EDITOR

Ing. Agr. M. Sc. Claudia Gallardo

Dra. Nancy Hernández de Borsetti

COMITÉ REVISOR

Dr. Hugo Borsetti

Dra. Gabriela Fernandez

Dra. Cecilia Giulianotti

Dra. Nancy Hernández

Dr. Matías Yañez

M. Sc. Patricia Arias

M. Sc. Claudia Gallardo

M. Sc. Gustavo Guzmán

Esp. en Doc. Superior Miriam Sofán

Ing. Agr. José Catacata

REVISIÓN Y TRADUCCIÓN

Master Esp. Trad. Liliana Beatriz Chávez

EDICIÓN Y DISEÑO

D.G. Marina Schimpf



**Facultad
de Ciencias
Agrarias**



UNJu
Universidad
Nacional de Jujuy

Alberdi N° 47, San Salvador de Jujuy | Jujuy | Argentina | C.P. 4600

Revista Científica de la FCA es producida y financiada por la Facultad de Ciencias Agrarias - UNJu

CONTENIDO/CONTENTS

TRABAJOS

7-16 pag.

OLAS DE CALOR EN SAN SALVADOR DE JUJUY, ARGENTINA

HEAT WAVES IN SAN SALVADOR DE JUJUY, ARGENTINA

17-23 pag.

PATOGENICIDAD DE *Meloidogyne arenaria* Y *M. javanica* EN *Phaseolus vulgaris* L. BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS

PATHOGENICITY OF *Meloidogyne arenaria* AND *M. javanica* ON *Phaseolus vulgaris* UNDER SEMI-CONTROLLED CONDITIONS

24-35 pag.

METACOGNITIVE AWARENESS INVENTORY' (MAI) EN FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNJu: ANÁLISIS, ADAPTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

METACOGNITIVE AWARENESS INVENTORY' (MAI) AT UNJu FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES: ANALYSIS, ADAPTATION AND EVALUATION OF THE INSTRUMENT

36-50 pag.

CARACTERIZACIÓN CEPAS DE *Trichoderma* AISLADAS DE SUELOS DE JUJUY-ARGENTINA

CHARACTERISATION OF *Trichoderma* STRAINS ISOLATED IN JUJUY-ARGENTINA SOILS

51-64 pag.

ESTUDIO DE ÁCIDO OLEANÓLICO Y SAPONINAS TOTALES EN QUINUA CULTIVADAS EN LA PROVINCIA DE JUJUY

STUDY OF OLEANOLIC ACID AND TOTAL SAPONINS IN QUINOA CULTIVATED IN THE PROVINCE OF JUJUY

COMUNICACIÓN

65-71

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE ABONOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DE HUERTAS URBANAS DEL DEPARTAMENTO DR. MANUEL BELGRANO

PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF ORGANIC FERTILIZERS FROM URBAN VEGETABLE GARDENS IN DR. MANUEL BELGRANO DEPARTMENT

Agraria

Revista Científica de la
Facultad de Ciencias Agrarias

OLAS DE CALOR EN SAN SALVADOR DE JUJUY, ARGENTINA

HEAT WAVES IN SAN SALVADOR DE JUJUY, ARGENTINA

Fabio David Alabar^{1*}, Mónica Valdiviezo Corte¹, Rafael Hurtado¹, Carla Moreno¹, María Rivera Funes¹ y Matías Vera¹

¹Cátedra de Agroclimatología. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy (UNJu). Alberdi Nº 47, San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. (CP4600)

*Autor para correspondencia:
davidalabar@fca.unju.edu.ar

Período de Publicación:
Diciembre 2023

Historial:
Recibido: 13/09/2023
Aceptado: 04/10/2023

RESUMEN

Las olas de calor (OC) consideradas como días calurosos consecutivos, representan una amenaza significativa no sólo para la salud humana sino también para los diferentes sistemas biológicos, produciendo alteraciones, modificaciones y hasta mortandad. Los criterios para definir las OC varían de acuerdo a la forma de estimarlas. El Servicio Meteorológico Nacional considera, que una ola de calor ocurre cuando las temperaturas máximas (TM) y temperaturas mínimas (tm) superan o igualan, por lo menos durante 3 días consecutivos, el percentil 90 para el semestre octubre - marzo. El objetivo de este trabajo es determinar eventos de OC en la ciudad de San Salvador de Jujuy y realizar la descripción temporal de su ocurrencia, considerando umbrales climáticos diarios tanto en el semestre cálido como frío de la serie 1987 - 2022 de la estación climática Augusto M. Romain. La metodología utilizada permite monitorear las OC para las diferentes estaciones del año, las que han aumentado e intensificado durante las últimas décadas en todo el mundo con una mayor recurrencia en el sitio en estudio. Se observa desde el sexenio 1993-1998 al 2017-2022, una tendencia en aumento muy importante. Las mayores frecuencias de efecto Foëhn se dan en junio, pero las más altas temperaturas en septiembre, lo que permite concluir que no es el único fenómeno de variabilidad climática que provoca este aumento. Debe sumarse el efecto urbano que altera a través del balance radiativo, los valores de temperatura aumentando los extremos térmicos en el ámbito urbano y rural, lo que debe ser considerado por los tomadores de decisiones. Como comentario final resulta evidente que, el aumento temporal de las OC constituye una amenaza emergente más del Cambio Climático.

Palabras clave: eventos extremos, polo de calor, cambio climático, NOA

SUMMARY

Heat waves (HW), considered as consecutive hot days, represent a significant threat not only to human health but also to different biological systems, producing alterations, modifications and even mortality. The criteria for defining HW vary according to the way to estimate them. The National Meteorological Service considers that a heat wave occurs when the maximum temperatures (MT) and minimum temperatures (mt) exceed or equal, for at least 3 consecutive days, the 90th percentile for the October - March semester. The objective of this work is to determine HW events in the city of San Salvador de Jujuy and make a temporal description of their occurrence, considering daily climatic thresholds in both the warm and cold semesters of the 1987 - 2022 series of Augusto M. Romain weather station. The methodology used allows monitoring the HW for the different seasons of the year, which have increased and intensified during the last decades throughout the world with a greater recurrence in the site under study. A very important increasing trend is observed from the six-year period 1993-1998 to 2017-2022. The highest frequencies of the Foëhn effect occur in June, but the highest temperatures in September, which allows us to conclude that it is not the only climate variability phenomenon causing this increase. In addition, the urban effect, which alters temperature values through the radiative balance, increasing thermal extremes in urban and rural areas, must be considered by decision makers. As a final comment, it is evident that the temporary increase in HW constitutes another emerging threat from climate change.

Keywords: climate change, extreme events, heat pole, NOA

INTRODUCCIÓN

Existen varios enunciados y métricas para describir las olas de calor (OC), aunque la bibliografía exhibe discrepancia en cuanto a los criterios de definición de esta adversidad. En 2015, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) publican “Olas de calor y salud: orientación sobre el desarrollo de sistemas de alerta” donde se establecen pautas para abordar el estudio de este fenómeno (McGregor, Bessmoulin, Ebi & Menne, 2015).

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) considera, un evento de OC cuando las temperaturas máximas y mínimas superan o igualan, por lo menos durante 3 días consecutivos, ciertos valores umbrales que dependen de cada localidad (percentil 90 del semestre cálido octubre-marzo) (SMN, 2023a; SMN, 2023b). Por otra parte, la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) publica en 2020 un “Informe Técnico - Olas de Calor en Chile: Una nueva metodología para el estudio y monitoreo de los eventos de altas temperaturas”, en el cual analiza metodologías para estudiar OC. Entre los aspectos más relevantes considera como umbral, el percentil 90 diario climatológico, que las OC existen todo el año y que se van a monitorear incluso en las épocas de menor temperatura (DMC, 2020).

Baldwin, Dessy, Vecchi, & Oppenheimer, (2019), consideran que las OC (días calurosos consecutivos) presentan una amenaza significativa para la salud humana, ya que numerosos estudios de diferentes países demuestran que éstas, provocan una mortalidad y una morbilidad elevadas. Un artículo realizado

para la Ciudad de Buenos Aires, Argentina, en 2015, valora que el riesgo de muerte por causas naturales se ha incrementado en un 14% durante las OC ocurridas durante el semestre cálido, siendo más afectadas las personas menores de 15 y los mayores de 84 años de ambos sexos (Chesini, Abrutzky & Titto, 2019).

El calentamiento global provocado por el incremento de los gases de efecto invernadero acentúa las consecuencias en los diferentes sistemas biológicos. Las proyecciones climáticas indican una continua intensificación de eventos extremos de ocurrencia aislada y en la mayoría de los casos de manera conjunta (por ejemplo sequías y eventos de ola de calor simultáneos) (Marengo et al., 2022).

Los impactos de las temperaturas extremas y el calor en las áreas urbanas generan una mayor preocupación, ya que las ciudades están experimentando temperaturas récord en cualquier estación del año (Marengo et al., 2022). La mayoría de los fenómenos ocurren en las regiones con una gran densidad de población y desarrollo urbano que tienen condiciones de superficie más cálidas debido a las alteraciones de la cubierta terrestre sumado al alto calor antropogénico (Harmay & Choi, 2022; Bratu et al., 2022). La urbanización produce la extensión de una superficie impermeable, que puede modificar las condiciones meteorológicas, las propiedades aerodinámicas, el proceso hidrológico y la morfología de la misma, lo que ocasiona incrementos en la temperatura del lugar, debido, entre otras cosas, a la baja evapotranspiración. (Harmay & Choi, 2022).

En tanto que, para el sector agrícola, Harmay & Choi (2022), consideran que las OC durante el verano de 2012 a 2013 afectaron a Australia, y alteraron el ciclo del carbono y la producción de rendimiento de cultivos en el sur de China, entre otros casos.

En Argentina, los eventos de OC son descritos por el SMN (SMN, 2023a; SMN, 2023b), a través de reportes especiales y sistemas de alerta temprana, que brinda a los usuarios información detallada sobre esta adversidad. En la provincia de Jujuy, se la realiza para las dos estaciones de superficie (La Quiaca Aero y Jujuy Aero). Esta Institución considera, para su estimación el semestre cálido y los percentiles 90 de temperaturas máximas y mínimas.

Una de las adversidades características en la región del Noroeste Argentino es el efecto Foëhn. Éste se refiere al viento cálido y seco de ladera que sopla a sotavento de las montañas, y si bien el término se usa en todo el mundo, localmente recibe diferentes nombres tales como Viento Norte o Viento Zonda. En América del Sur, es un viento que sopla a lo largo de las laderas orientales de la Cordillera de los Andes, que suele ir acompañado de fuertes rachas provocando aumentos bruscos de la temperatura y la reducción de la humedad relativa en el semestre frío principalmente (Antico, Chou & Brunini, 2021).

Marengo et al., (2022) considera que las OC han aumentado e intensificado durante las últimas décadas en todo el mundo y las proyecciones climáticas sugieren una mayor intensificación en muchas regiones, ocurriendo no solamente en el semestre cálido, por lo que este viento podría estar relacionado con los eventos de OC para el invierno, ya que se producen aumentos anómalos de temperatura.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es determinar eventos de “ola de calor” con información meteorológica de la Estación climática Augusto M. Romain ubicada en la ciudad de San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina considerando umbrales climáticos diarios tanto en el semestre cálido como frío. En este estudio no se evalúa específicamente los impactos ni la atribución de las causas de esta adversidad, sin embargo, se hace una descripción temporal de su ocurrencia, la que puede contribuir para conocer el comportamiento de los eventos meteorológicos en los últimos años en la ciudad de San Salvador de Jujuy.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se han utilizado registros diarios de temperaturas máximas y mínimas de la serie 1987 - 2022 de la estación climática Augusto M. Romain (latitud: -24,20; longitud: -65,32 y altitud: 1303 m snm) perteneciente

a la cátedra de Agroclimatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy, en convenio con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (Figura 1).

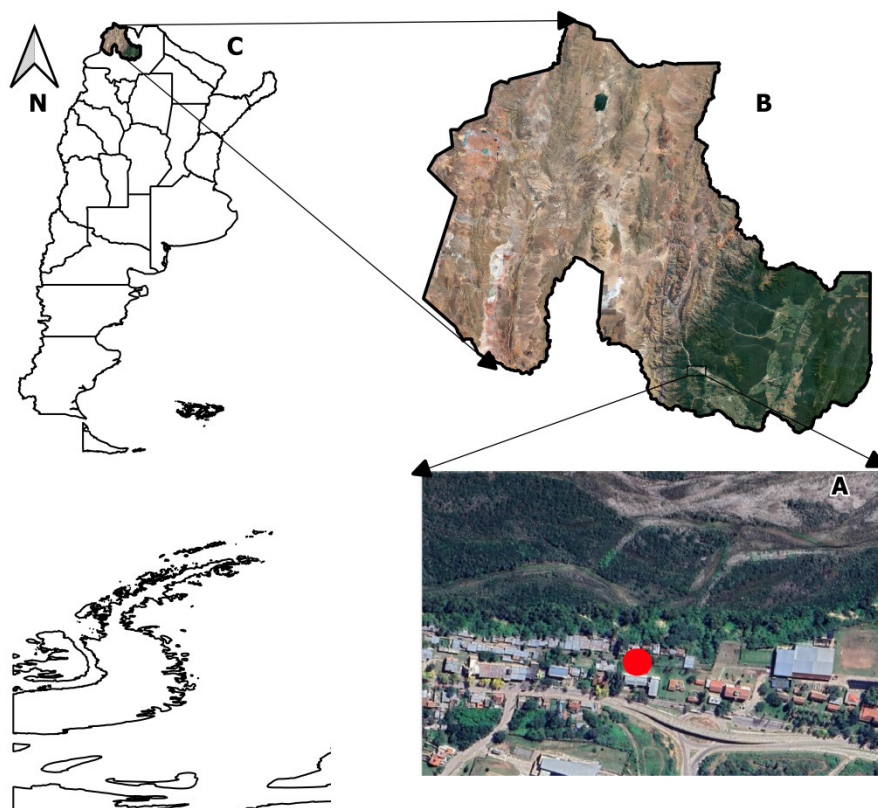


Figura 1: Ubicación de la estación climática Augusto Romaín, San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. A: Ubicación de la estación Augusto Romaín (punto rojo), B: Provincia de Jujuy y C: Argentina.

En este trabajo, se han considerado los criterios de DMC (2020) para definir ola de calor. Este evento ocurre cuando las temperaturas máximas y mínimas superan o igualan al percentil 90 diario climatológico en por lo menos 3 días consecutivos, tanto en los semestre cálido (Octubre-Marzo) como en el semestre frío (Abril-Septiembre) (DMC, 2020).

Se caracterizó OC teniendo en cuenta: fechas de inicio y fin (cuando las temperaturas extremas fueron igual o superior al umbral considerado), temperatura máxima y mínima absolutas ocurridas durante el evento y duración de la misma. A partir de la información generada se realizó gráficos de distribución mensual, distribución de duración de OC y distribución de sexenio (periodo de 6 años) de los eventos de OC.

RESULTADOS

Del análisis de los registros diarios de temperaturas de la serie de 1987–2022, los extremos de los percentiles 90 de temperatura máxima (PTmax) y temperatura mínima (PTmin) ocurrieron en momentos diferentes (Figura 2). En el semestre cálido, los mayores valores PTmáx suceden en los meses de octubre-noviembre, alcanzando el valor máximo de 35,9 °C el día 29 de Octubre (Figura 2.a línea roja), mientras que en PTmin los mayores valores se alcanzan en los meses de diciembre-enero con 19,6 °C el 31 de Enero (Figura 2.a línea azul).

En el semestre frío, los mayores valores de PTmax, línea superior, se presentan en el mes de septiembre con 33 °C el 7 de Septiembre (Figura 2.b línea roja) y en el mes de abril para PTmin, línea inferior, con 17,8 °C el día 4 de abril (Figura 2.b línea azul).

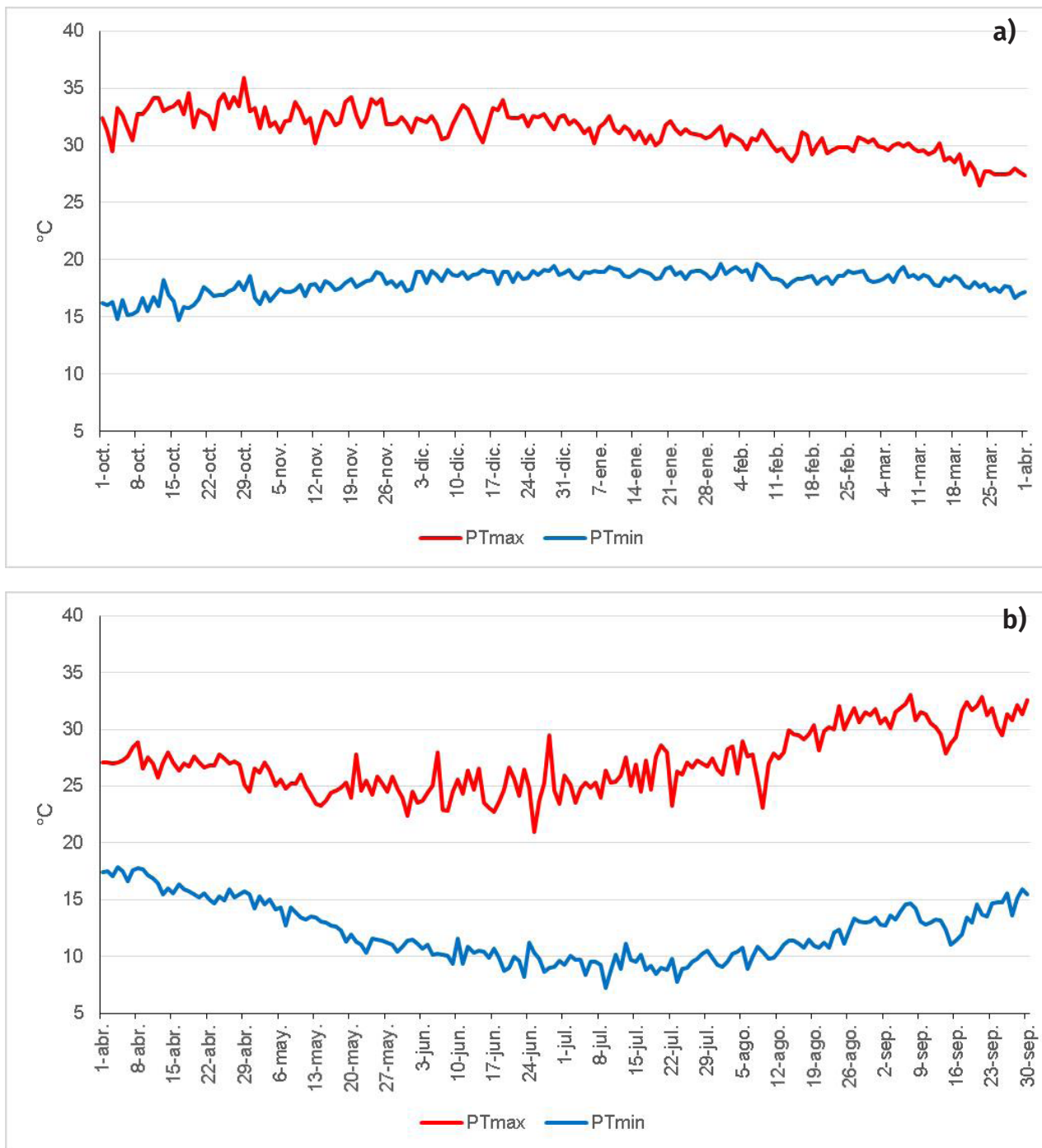


Figura 2: Marcha diaria de los percentiles 90 de temperatura máxima (PTmax) y temperatura mínima (PTmin). a) Semestre cálido y b) Semestre frío.

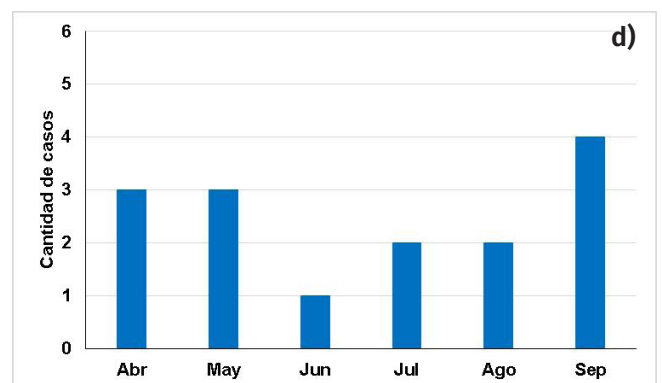
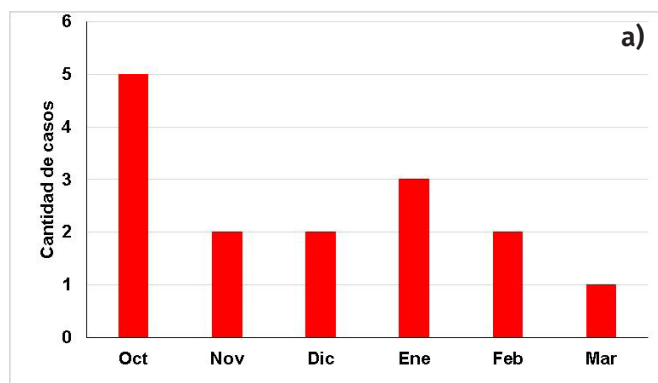
En el semestre cálido, entre los meses de octubre-noviembre se observan los mayores valores de temperaturas para la ocurrencia de eventos de ola de calor, superando los 38.6 °C y 21.3°C de temperatura máxima y mínima, respectivamente (Cuadro 1). En octubre, ocurre la mayor frecuencia de olas de calor (Figura 3.a) predominando como periodo de duración de 3 días(Figura 3.b). A partir del año 2002 se contabilizan los primeros eventos OC (Cuadro 1 y Figura 3.c), sucediendo en los últimos 6 años el periodo con mayor cantidad de días (21 días) con OC (Figura 3.c).

En el semestre frío, los mayores valores de temperatura máxima y mínima ocurren en los meses de julio a septiembre alcanzando los 35.9º y 17.9 °C, respectivamente (Cuadro 1). El mes de septiembre (Figura 3.d) y la duración de 3 días (Figura 3.e) tienen la mayor predominancia de OC, ocurriendo la mayor cantidad

de días en los últimos 10 años (Figura 3.f).

Cuadro 1: Caracterización de ola de calor en los semestres cálido y frío del periodo 1987-2022 en la ciudad de San Salvador de Jujuy.

Semestre cálido					Semestre frío				
Fecha de inicio	Fecha de fin	Duración	Tmax	Tmin	Fecha de inicio	Fecha de fin	Duración	Tmax	Tmin
05/10/2002	07/10/2002	3	36,5	17,9	11/7/1987	13/7/1987	3	35,9	15,8
13/10/2002	15/10/2002	3	34,9	21,1	19/9/1994	24/9/1994	6	34,8	17,9
18/11/2002	20/11/2002	3	36,6	21,3	21/6/1997	23/6/1997	3	32,5	11,2
07/1/2005	09/1/2005	3	36,3	19,4	12/4/2001	14/4/2001	3	29,8	17,4
31/10/2009	02/11/2009	3	38,6	20,0	14/5/2002	16/5/2002	3	27,1	16,5
21/11/2009	23/11/2009	3	35,1	20,9	04/9/2004	06/9/2004	3	35,0	15,8
29/12/2013	31/12/2013	3	35,2	19,9	01/8/2005	05/8/2005	5	33,6	13,1
21/1/2014	23/1/2014	3	34,2	21,0	18/4/2007	20/4/2007	3	28,0	17,4
15/2/2016	19/2/2016	5	31,6	20,6	15/9/2012	18/9/2012	4	35,6	16,6
23/1/2019	26/1/2019	4	35,1	21,3	07/9/2013	12/9/2013	6	33,4	15,1
21/2/2019	24/2/2019	4	35,0	19,3	22/8/2014	24/8/2014	3	35,8	14,5
28/10/2019	30/10/2019	3	38,3	19,3	27/4/2018	30/4/2018	4	27,7	17,8
23/3/2020	25/3/2020	3	28,4	19,7	02/5/2018	04/5/2018	3	27,6	19,2
23/10/2020	25/10/2020	3	34,5	19,6	22/5/2020	25/5/2020	4	29,4	17,2
07/12/2022	10/12/2022	4	38,1	20,9	25/7/2022	27/7/2022	3	28,9	14,9



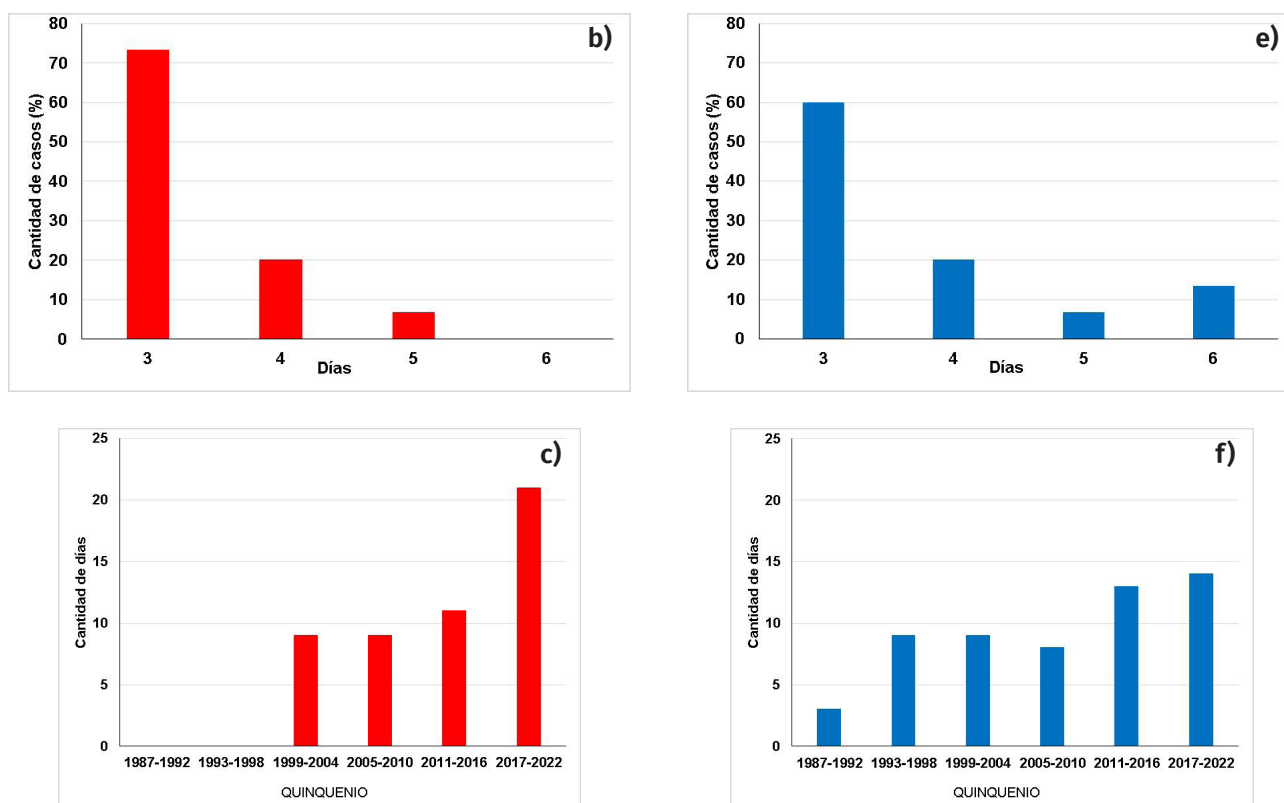


Figura 3: Cantidad de casos y distribución de los casos de ola de calor en el periodo 1987-2022 a) y d): Mensual; b) y e): Duración; c) y f): Sexenio. Barras de color rojo semestre cálido y azul semestre frío.

DISCUSIÓN

El DMC considera valores de los percentiles variables por día, tanto de temperaturas máximas como mínimas (Perkins, Alexander & Nairn, 2012; DMC, 2020). Definiciones de OC basadas en umbrales de temperatura mensuales (Pezza, Van Rensch & Cai, 2011; Cowan et al., 2014) y en umbrales de semestre cálido (SMN, 2023a; SMN, 2023b) pueden no resultar tan precisas para caracterizar esta adversidad, ya que identifican predominantemente eventos sesgados hacia los meses de mayor ocurrencia de temperatura; mientras que la metodología para determinar OC basadas en umbrales diarios (por ejemplo: percentiles), no muestran tales características. Sin embargo, el umbral varía con el ciclo estacional y, por lo tanto, implica identificar "períodos cálidos" durante las estaciones que no son de verano, en lugar de centrarse en la temperatura absoluta (Sauter, White, Fowler & Westra, 2023; White et al., 2023).

La mayor ocurrencia de eventos de OC ocurrida en los últimos 6 años (Figuras 3.c y f) se corresponde con lo afirmado por los expertos de cambio climático donde se explicita que "la segunda década del siglo XXI es la más cálida de todas" (Stocker et al., 2013). Estos resultados son análogos a los obtenidos en otros estudios, así, Marengo et al., (2022) citan que entre 1980 y 2014 hubo un aumento en la intensidad y en la frecuencia de OC, con hasta un 75% más de eventos ocurridos sólo en los últimos 10 años. La ocurrencia de OC en el semestre cálido en los últimos e sexenios, se encuentra en concordancia a lo citado con Rusticucci, Kyselý, Almeira & Lhotka, (2015), para la región del Noroeste Argentino entre los años 2001 a 2010 quienes observaron eventos de OC nunca antes registrados.

Por otra parte, Antico et al., (2021) considera que el efecto Foëhn es más frecuente durante el invierno y primavera en las laderas orientales del Altiplano (25° S y 31° S) y provoca anomalías de temperatura positivas que superan 2,5 veces la desviación estándar. Si bien la mayor ocurrencia de este viento, en las latitudes descriptas es en junio, no hay correspondencia con la OC de septiembre, en el semestre frío (Figura 3.d), es decir éstas, no se intensifican únicamente con el efecto Foëhn y se sugiere realizar otros estudios para comprender los fenómenos de variabilidad climática que impulsan las OC durante

el semestre de abril a septiembre. En la estación climática Augusto Romain ocurre un proceso similar, ya que la mayor frecuencia de vientos es en julio y la OC en septiembre.

Otro proceso relacionado a esta adversidad, lo constituye la urbanización. Harmay & Choi, (2022) consideran que la temperatura de la superficie terrestre aumenta con el avance de la urbanización debido al cambio en los materiales empleados. En la provincia de Jujuy desde 1970 a 2010 se observa un aumento del 22% de la población urbana (DIPEC, 2023), lo que podría resultar en un efecto de Isla de calor urbana (ICU). Los cambios en las condiciones climáticas a largo plazo, a nivel de ciudad, están determinados por la conversión de suelo natural en suelo urbano. El efecto de ICU ocurre cuando la vegetación es reemplazada por materiales como el concreto y el asfalto, que tienen una mayor capacidad calorífica y conductividad térmica (Harmay & Choi, 2022; Estrada, Botzen & Tol, 2017). Este proceso de urbanización altera el balance energético y produce cambios en el clima local, como temperaturas más altas y cambios en los patrones de precipitación y viento. El efecto ICU puede exacerbar las olas de calor que, entre otros impactos, se ha demostrado causan pérdidas económicas debido a la reducción de la productividad laboral (Estrada et al., 2017; Bratu et al., 2022). La mayor ocurrencia de eventos de OC en los últimos 10 años en ambos semestres (Figura 3.f y 3.c) podría estar relacionada con la urbanización en la ciudad de San Salvador de Jujuy. Los impactos negativos más importantes de la combinación de OC y del efecto ICU son un mayor uso de energía para refrigeración, mayores emisiones de contaminantes atmosféricos, riesgos e incomodidad para la salud humana y menor calidad de agua. Sin embargo, estos impactos locales pueden ser limitados por políticas adaptativas a nivel de ciudad, que podrían incluir pavimentos frescos, techos verdes frescos y vegetación en expansión en las ciudades (arbolado urbano, plazas y parques) (Estrada et al., 2017).

CONCLUSIONES

Los extremos térmicos y su persistencia tienen implicancias importantes sobre diferentes aspectos socioeconómicos: salud, agricultura, desarrollo regional, ocio, etc. Las OC han aumentado e intensificado durante las últimas décadas en todo el mundo y las proyecciones climáticas sugieren una mayor recurrencia en muchas regiones, especialmente en el Noroeste Argentino.

La metodología aplicada de la DMC, donde los percentiles son diarios y no estacionales permite monitorear las OC para las diferentes estaciones del año, ya que cualquier fenómeno de variabilidad climática provoca alteraciones de la temperatura, especialmente en invierno y primavera.

Al agrupar las OC cada 6 años, se puede observar una tendencia en aumento muy marcada especialmente en el último sexenio tanto para el semestre cálido como el frío.

El efecto Foëhn no es el único fenómeno que provoca aumento de las temperaturas en invierno y primavera, ya que la mayor frecuencia ocurre en junio y las más altas temperaturas en septiembre.

El efecto urbano altera, a través del balance radiativo, los valores de temperatura aumentando las OC, por lo que las políticas públicas deben considerar planificaciones apropiadas para la atenuación de esta adversidad mediante el aumento de las superficies con arbolado urbano y priorizando la conservación de áreas aledañas a las ciudades.

Finalmente resulta evidente que el aumento temporal de las olas de calor constituye una amenaza emergente más del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

Antico, P. L., Chou, S. C. & Brunini, C. A. (2021). The foehn wind east of the Andes in a 20-year climate simulation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 133, 317-330.

- Baldwin, J. W., Dessy, J. B., Vecchi, G. A., & Oppenheimer, M. (2019). Temporally compound heat wave events and global warming: An emerging hazard. *Earth's Future*, 7(4), 411-427.
- Bratu, A., Card, K. G., Closson, K., Aran, N., Marshall, C., Clayton, S. & Hogg, R. S. (2022). The 2021 Western North American heat dome increased climate change anxiety among British Columbians: Results from a natural experiment. *The Journal of Climate Change and Health*, 6, 100116.
- Chesini, F., Abrutzky, R., & Titto, E. D. (2019). Mortalidad por olas de calor en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina (2005-2015). *Cadernos de Saúde Pública*, 35, e00165218.
- Cowan, T., Purich, A., Perkins, S., Pezza, A., Boschat, G., & Sadler, K. (2014). More frequent, longer, and hotter heat waves for Australia in the twenty-first century. *Journal of Climate*, 27(15), 5851-5871.
- Dirección Meteorológica de Chile (DMC). (2020). Olas de Calor en Chile: Una nueva Metodología para el estudio y monitoreo de los eventos de altas temperaturas. Recuperado de: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/publicaciones/olasDeCalor/informeOladecalorMetodologia.pdf>
- Dirección provincial de estadística y censos (DIPEC). (2023). Recuperado en: <http://dipec.jujuy.gob.ar/poblacion/estructura-de-la-poblacion/composicion-y-distribucion-de-la-poblacion/#265-267-distribucion-espacial-urbano-rural>
- Estrada, F., Botzen, W. W., & Tol, R. S. (2017). A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. *Nature Climate Change*, 7(6), 403-406.
- Harmay, N. S. M., & Choi, M. (2022). Effects of heat waves on urban warming across different urban morphologies and climate zones. *Building and Environment*, 209, 108677. <http://www3.smn.gob.ar/serviciosclimaticos/?mod=elclima&id=14&var=jujuy>
- Marengo, J. A., Ambrizzi, T., Barreto, N., Cunha, A. P., Ramos, A. M., Skansi, M. & Salinas, R. (2022). The heat wave of October 2020 in central South America. *International Journal of Climatology*, 42(4), 2281-2298.
- McGregor, G. R., Bessmoulin, P., Ebi, K., & Menne, B. (2015). Heatwaves and health: guidance on warning-system development. WMOP.
- Perkins, S. E., Alexander, L. V., & Nairn, J. R. (2012). Increasing frequency, intensity and duration of observed global heatwaves and warm spells. *Geophysical Research Letters*, 39(20).
- Pezza, A. B., Van Rensch, P., & Cai, W. (2012). Severe heat waves in Southern Australia: synoptic climatology and large scale connections. *Climate Dynamics*, 38, 209-224.
- Rusticucci, M., Kyselý, J., Almeida, G. & Lhotka, O. (2015). Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. *Theoretical and Applied Climatology*, 124, 679-689.
- Sauter, C., White, C. J., Fowler, H. J. & Westra, S. (2023). Temporally compounding heatwave-heavy rainfall events in Australia. *International Journal of Climatology*, 43(2), 1050-1061.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2023a). Recuperado de: <https://www.smn.gob.ar/estadísticas>
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2023b). Recuperado de: <https://www.smn.gob.ar/estadísticas>

- Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor MMB, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V & Midgley PM. (2013). Cambio Climático 2013: Bases físicas. Resumen para responsables de políticas, Resumen técnico y Preguntas frecuentes. Recuperado de: https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf
- White, R. H., Anderson, S., Booth, J. F., Braich, G., Draeger, C., Fei, C. & West, G. (2023). The unprecedented Pacific Northwest heatwave of June 2021. *Nature Communications*, 14(1), 727.

PATOGENICIDAD DE *Meloidogyne arenaria* Y *M. javanica* EN *Phaseolus vulgaris* L. BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS

PATHOGENICITY OF *Meloidogyne arenaria* AND *M. javanica* ON *Phaseolus vulgaris* UNDER SEMI-CONTROLLED CONDITIONS

Claudia Gallardo^{1*}, Omar Medina¹, Sebastian Agostini¹, Javier Bautista¹, Guillermo Cap² y Andres Nico³

¹Cátedra de Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu. Alberdi 47. San Salvador de Jujuy (4600) Argentina. ²C.E.I. - Gorina - MAIBA - E.E. AMBA - INTA. Calle 501 y 149, J. Gorina - (1897), M. B. Gonnet, Buenos Aires. Argentina. ³Cátedra de Horticultura - Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Calle 60 y 119, La Plata, Bs. As. (1900).

*Autor para correspondencia:

clau@fca.unju.edu.ar

Período de Publicación:

Diciembre 2023

Historial:

Recibido: 26/09/2023

Aceptado: 18/10/2023

RESUMEN

En condiciones semicontroladas bajo invernadero se ensayó la patogenicidad de una población de *Meloidogyne arenaria* y otra de *Meloidogyne javanica* aisladas previamente sobre poroto en las cercanías de Jujuy. Se evaluaron 9 tratamientos resultantes de la combinación factorial de tres cultivares de *Phaseolus vulgaris* ('Leales B40', 'Leales 24' y 'Leales R4') con tres tratamientos de inoculación (Control no inoculado, *M. arenaria* y *M. javanica*). Las plantas se mantuvieron en macetas de cinco kg rellenas con suelo estéril e inoculadas con 4000 hh + jj (huevos+juveniles/planta en los tratamientos correspondientes). El ensayo se mantuvo durante 120 días en invernadero a 23°C (+/-2°C). El experimento se diseñó en bloques completamente aleatorizados con 5 repeticiones por tratamiento. Al cabo del experimento se evaluaron parámetros de crecimiento (peso fresco parte aérea total y raíces y rendimiento en granos) y parámetros poblacionales sobre los tratamientos inoculados (índice de nodulación, población en raíces, población en suelo y factor de reproducción). El análisis del resultado de los parámetros de crecimiento no permitió determinar, en ningún caso, diferencias significativas atribuibles a ninguno de los factores de variabilidad (nematodo y variedad), ni a su interacción. La población final total media de nematodos, en cambio, resultó significativamente más alta en las plantas inoculadas con *M. arenaria* (32917nematodos de raíz + nematodos de suelo/población inicial) que en las inoculadas con *M. javanica* (18571nematodos de raíz + nematodos de suelo/población inicial), considerando la totalidad de los casos, y otro tanto ocurrió para el factor de reproducción (9.2 y 5.3, para *M. arenaria* y *M. javanica*, respectivamente). Las variedades 'Leales B40' y 'Leales 24' resultaron poco resistentes ($4 \leq FR$ (Factor de reproducción) ≤ 10) a ambos nematodos, mientras que 'Leales R4' se mostró moderadamente resistente a *M. javanica* ($FR \leq 4$) y altamente susceptible a *M. arenaria* ($FR \geq 10$).

Palabras clave: nematodos, parámetros de crecimiento, parámetros poblacionales

SUMMARY

Pathogenicity of *M. arenaria* and *M. javanica* populations previously isolated from dry bean plants in Jujuy area was tested in greenhouse under semi-controlled conditions. Nine treatments emerging from the factorial combination of three *Phaseolus vulgaris* ('Leales B40', 'Leales 24' y 'Leales R4') with three inoculation levels (non-inoculated control, *M. arenaria* and *M. javanica*) were tested. Plants were kept in 5 kg pots filled with sterile soil and inoculated with 4000 hh + jj(eggs+youth)/plant in the corresponding treatments. Plants were arranged in a completely randomized blocks design with five replicates for each treatment. After the experiment growth parameters (shoot and root fresh weight and grain yield) and population parameters (gall index, total root population, total soil population and reproduction factor). Analysis of growth parameters led to no establishment of significant differences attributable neither to cultivar and nematode effects nor to their interactions. Total final average population, on the other hand, was significant greater in *M. arenaria* (32917 total root nematodes+ total soil nematodes/initial population) than in *M. javanica* (18571 total root nematodes+ total soil nematodes/initial population) inoculated plants, taking into consideration all the treatments and the same occurred with reproduction factor ((9.2 and 5.3, for *M. arenaria* y *M. javanica*, respectively) 'Leales B40' and 'Leales 24' proved to be low resistant ($4 \leq FR(\text{Reproduction factor}) \leq 10$) to both nematodes, while 'Leales R4' resulted moderately resistant to *M. javanica* ($FR \leq 4$) and highly susceptible to *M. arenaria* ($FR \geq 10$).

Keywords: nematodes, growth parameters, population parameters

INTRODUCCIÓN

Los nematodos fitoparásitos ocasionan serios perjuicios económicos que inciden directamente sobre el rendimiento y la calidad de numerosos cultivos. Poseen una amplia gama de hospederos incluyendo entre ellos a leguminosas de grano. El poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) se ubica en el tercer lugar dentro del grupo de legumbres de mayor consumo a nivel mundial. La República Argentina es el quinto productor del continente americano. Dada la importancia que este cultivo presenta dentro del panorama agrícola de la provincia de Jujuy y el alto impacto económico que la infestación por nematodos noduladores puede provocar sobre el poroto y teniendo en cuenta que existen diferentes antecedentes que determinan la capacidad de ciertas especies de nematodos fitoparásitos de establecer relaciones de parasitismo compatibles con el poroto y que afectan el crecimiento y la fisiología de la planta (McSorley et al., 1981; Melakerberhan et al, 1985). Con frecuencia, sin embargo, resulta a menudo difícil determinar si el deterioro de las raíces se debe a la asociación de estas con nematodos fitoparásitos, a otros microorganismos presentes en la rizósfera y factores limitantes o la combinación de todos. Por ello el objetivo del trabajo consistió en la realización de pruebas de patogenicidad con inoculación artificial y bajo condiciones de cultivo semicontroladas. Se utilizaron variedades de poroto empleadas comercialmente en la provincia de Jujuy y se evaluaron parámetros de crecimiento y poblacionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El inóculo para los ensayos se obtuvo a partir de cultivo axénico proveniente de una sola masa de huevos de *Meloidogyne arenaria* y de *M. javanica* respectivamente (Jepson, 1987), aislada a partir de una planta naturalmente infestada proveniente de un cultivo de la localidad de Río Blanco, Jujuy (Gallardo et al., 2018). El inóculo se preparó de la siguiente manera: las raíces fueron picadas en trozos de 2 cm y se colocaron en un recipiente de vidrio con tapa. Se agregó una solución de NaOCl al 5% hasta cubrir totalmente las raíces y se agitó vigorosamente durante 2'. Este contenido se filtró a través de un tamiz de 21 cm de diámetro y 75 μ m de malla encajado sobre otro tamiz de igual diámetro y 5 μ m. Las raíces se lavaron rápidamente tres veces con abundante agua para retirar el exceso de NaOCl. De esta forma los restos vegetales groseros se retuvieron en el primer tamiz, mientras que en el segundo quedaron conservados los huevos y juveniles junto con los restos vegetales más finos. Seguidamente el material retenido en el tamiz más fino (huevos más juveniles) se centrifugó y utilizó para inocular las plantas de poroto. Para la inoculación, se efectuó un orificio de aproximadamente 0,5 cm de diámetro y 2- 4cm de profundidad en el sustrato de las macetas con ayuda de una varilla de vidrio. Sobre el orificio abierto se realizó la inoculación con 4.000 huevos más juveniles de segundo estadio de *M. arenaria* y *M. javanica* sobre plantas de poroto blanco var. 'Leales B40', negro var. 'Leales 24' y colorado 'Leales R4', con 15 días de crecimiento en macetas de 5kg de suelo estéril conteniendo una mezcla de 40 % de arena y 60% de limo. Todas las macetas se mantuvieron durante 120 días en invernadero a 23°C (+/-2°C). Se plantearon los siguientes experimentos: 0 (Control sin nematodos), 1 (*M. arenaria* 4000 huevos + J₂/planta) y 2 (*M. javanica* 4000 huevos + J₂/planta). Cada uno de estos tratamientos se aplicaron a los tres cvs. incluidos en el experimento: blanco, negro y colorado. El experimento se diseñó en bloques completamente al azar con 5 repeticiones por tratamiento.

Con el objeto de evaluar el efecto del parasitismo de las especies de nematodos endoparásitos sobre el crecimiento de las plantas, se registraron al finalizar el ensayo los siguientes parámetros de crecimiento: peso fresco de la planta entera, peso fresco de la raíz y peso total de granos.

Para determinar la reproducción de cada una de las especies se procedió a determinar la población final (Pf) de los nematodos contenidos en cada maceta. Esta población final resultó de la suma del número de nematodos presentes en la raíz (N_r) más el número de nematodos presentes en el suelo (N_s). Ambos parámetros se calcularon realizando el recuento directo sobre las extracciones realizadas siguiendo el método de centrifugación descripto por Jenkins (1964). El factor o índice de reproducción se calculó mediante la siguiente fórmula: FR= (N_r + N_s)/Pi (donde Pi = población inicial inoculada en cada maceta, o sea 4000).

Seguidamente las raíces cortadas se colocaron en frascos de vidrio durante 10 minutos para tinción de las masas de huevo con Ploxine B (Omweaga et al., 1988). Luego se retiraron, se eliminó el exceso de agua y colorante y se colocaron en cajas de Petri para su conteo. Una vez teñidas las masas se determinó el índice de nodulación (IN) de acuerdo a la escala propuesta 1-10 por Bridge y Page (1980). Posteriormente, sobre trozos aislados de la raíz, se calculó el número de masas de huevo por gr de raíz (mdh/gr).

Los datos correspondientes al crecimiento de la planta y el crecimiento de la raíz fueron analizados mediante ANOVA y test de Tukey, para comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre todos los parámetros de crecimiento y poblacionales evaluados los únicos que presentaron un valor significativo ($p \geq 0,05$) para el valor del estadístico "F" en el ANOVA fueron el número total de nematodos totales en maceta y el factor de reproducción cuando la fuente de variabilidad considerada fue la especie de nematodo inoculado (Tablas 1 y 2).

Tabla 1: Probabilidad de estadístico “F” para los parámetros de crecimiento evaluados según la fuente de variabilidad considerada.

Fuente de variabilidad	Peso fresco parte aérea	Peso fresco de raíz	Rendimiento
Nematodo (A)	0.77	0.75	0.07
Variedad de poroto (B)	0.92	0.57	0.08
Interacción A*B	0.40	0.25	0.47

Tabla 2: Probabilidad de estadístico “F” para los parámetros poblacionales evaluados según la fuente de variabilidad considerada.

Fuente de variabilidad	Índice de agallamiento	Nº de agallas	Vermiformes totales en suelo	Huevos + vermiformes totales en raíz	Nematodos totales en maceta	Factor de reproducción
Nematodo (A)	0.47	0.37	0.13	0.08	0.04	0.04
Variedad de poroto (B)	0.10	0.13	0.35	0.14	0.17	0.17
Interacción A*B	0.79	0.42	0.09	0.22	0.26	0.26

Las plantas de la variedad ‘Leales B40’ inoculadas con *M. arenaria* registraron los mínimos valores medios, tanto para peso fresco de parte aérea, peso fresco de raíz como rendimiento de granos (16,3 g, 2,3 g y 0,3 g, respectivamente) (Tabla 3). Las plantas de la misma variedad no inoculadas, por su parte, verificaron el máximo peso fresco medio de la parte aérea (29 g) y el máximo rendimiento medio en granos (5,6 g). El máximo peso fresco medio de raíz, en tanto, se verificó para las plantas de la variedad ‘Leales R4’ inoculadas con *M. arenaria* (9,0 g). En ningún caso las diferencias entre los diferentes tratamientos resultaron significativas, independientemente de la fuente de variabilidad que se considerara ($P \geq 0,05$).

Tabla 3: Valores medios de los parámetros de crecimiento

Tratamiento	Peso fresco de parte aérea (g)	Peso fresco de raíz (g)	Rendimiento de granos (g)
Considerando sólo la variedad			
Blanco	21.9 n.s.*	5.4 n.s.	2.7 n.s.
Colorado	22.4 n.s.	7.1 n.s.	2.8 n.s.
Negro	23.6 n.s.	6.4 n.s.	4.9 n.s.
Considerando sólo la especie de nematodo			
Control	22.7 n.s.	6.8 n.s.	4.9 n.s.
<i>M. arenaria</i>	21.1 n.s.	5.6 n.s.	2.5 n.s.
<i>M. javanica</i>	24.1 n.s.	6.5 n.s.	3.1 n.s.
Considerando las interacciones			
Nematodo	Variedad		

Control	Blanco	29.0 n.s.	8.3 n.s.	5.6 n.s.
Control	Colorado	18.2 n.s.	5.6 n.s.	3.7 n.s.
Control	Negro	21.0 n.s.	6.6 n.s.	5.5 n.s.
<i>M. arenaria</i>	Blanco	16.3 n.s.	2.3 n.s.	0.3 n.s.
<i>M. arenaria</i>	Colorado	23.2 n.s.	9.0 n.s.	2.6 n.s.
<i>M. arenaria</i>	Negro	23.7 n.s.	5.6 n.s.	4.5 n.s.
<i>M. javanica</i>	Blanco	20.4 n.s.	5.6 n.s.	2.3 n.s.
<i>M. javanica</i>	Colorado	25.9 n.s.	6.8 n.s.	2.1 n.s.
<i>M. javanica</i>	Negro	26.1 n.s.	7.1 n.s.	4.8 n.s.

*n.s. = las diferencias entre medias que ocupan una misma columna no difieren significativamente entre sí

Los resultados de nuestro experimento no permitieron reconocer efectos de la inoculación con nematodos sobre ninguno de los parámetros de crecimiento considerados, incluido el rendimiento. Puede argumentarse que la duración del experimento y el confinamiento de la rizósfera al volumen de la maceta no hayan permitido expresar las diferencias entre los tratamientos inoculados y el control hasta que alcanzaran un grado significativo. Mullin et al., (1991) encontraron que plantas de poroto de las variedades Calima y PVA 916 infestadas con una población mixta de *M. javanica* y *M. incognita* veían reducido significativamente su rendimiento en un ensayo llevado a cabo a campo que se mantuvo establecido hasta que las plantas hubieran cumplido su ciclo completamente. Sin embargo, Santos et al., (2012) en un ensayo desarrollado en condiciones bastante similares a las del presente trabajo (macetas de 2 l inoculadas con 2000 hh + jj de *M. incognita* y *M. javanica*) pudieron observar sobre siete cultivares diferentes de poroto que en todos los casos las diferentes variables de crecimiento evaluadas presentaban valores significativamente más altos en los controles respecto a los tratamientos inoculados. Probablemente alguno de los factores adoptados durante la prueba de patogenicidad deba ser revisado para comprobar si la ausencia de diferencias significativas entre el crecimiento de los controles y los tratamientos inoculados se mantiene.

La totalidad de las plantas inoculadas en el ensayo presentaron nodulación evidente en sus raíces en grado variable entre un índice de 3 (cv. 'Leales B40 inoculado con *M. javanica*) y otro de 4.4 ('Leales R4 inoculado con *M. arenaria*) (Tabla 4), sin que se registraran diferencias significativas entre ninguno de los valores ($P \geq 0,05$). El tratamiento de poroto negro 'Leales 24' inoculado con *M. arenaria* presentó los valores más altos de número de huevos y juveniles totales en raíz (36630), mientras que el menor de estos valores se registró en el poroto colorado 'Leales R4' inoculado con *M. javanica* (9224). La variedad de poroto colorado 'Leales R4' inoculada con *M. arenaria* mostró los máximos valores de individuos totales en el total de la maceta y, consiguientemente, de factor de reproducción (41696 y 11.5), mientras que los valores más bajos de este parámetro se verificaron cuando la misma variedad se inoculó con *M. javanica* (13378 y 4.1). Las únicas diferencias significativas ($P \geq 0,05$) se encontraron en estos dos mismos parámetros, pero cuando se consideró como fuente de variabilidad la especie de nematodo por sí sola, sin intervención de las interacciones. *M. arenaria* arrojó un número de especímenes por maceta significativamente más alto ($P \geq 0,05$) que *M. javanica* (32917 y 18571, respectivamente) y otro tanto ocurrió con el factor de reproducción (9.2 vs. 5.3). Estos altos valores muestran que el monocultivo de poroto, o la rotación del mismo con otras especies comparables en su grado de susceptibilidad, determinarían la ocurrencia permanente de altas densidades de inóculo del patógeno en el suelo que podrían comprometer seriamente a cultivos que pudieran ver su crecimiento más afectado. Esto es particularmente grave si se considera el amplísimo rango de hospedantes que muestran ambas especies. Si bien, a falta de una variedad de comprobada resistencia que pudiera ser empleada como patrón, no se puede establecer una comparación estricta entre los valores de factor de reproducción obtenidos en nuestro trabajo y aquellos documentados previamente (Moura y Regis, 1987) cabe aproximar que las variedades 'Leales B40' y 'Leales 24' son poco resistentes a cualquiera de las dos especies de nematodos

($4 \leq FR \leq 10$). La variedad 'Leales R4', en cambio, es moderadamente resistente a *M. javanica* ($FR \leq 4$) y altamente susceptible a *M. arenaria* ($FR \geq 10$). Esta última circunstancia enfatiza sobre el hecho de que la identificación de los nematodos agalladores a nivel de género resulta en muchos casos fundamental para la toma de decisiones sobre los cultivos y variedades a elegir en una determinada rotación.

Tabla 4: valores medios de los parámetros poblacionales

TRATAMIENTO	Índice de nodulación	HH + jj totales en raíz	HH + jj/cc suelo	HH + jj totales en suelo	HH + jj totales en maceta	Masas de huevos totales	Factor de reproducción	
Considerando sólo la variedad								
Blanco	3.1 n.s.*	11831 n.s.	179.19 n.s.	5375.6 n.s.	17206 n.s.	38.8 n.s.	4.3 n.s.	
Colorado	4.1 n.s.	22171 n.s.	178.85 n.s.	5365.5 n.s.	27537 n.s.	69.4 n.s.	6.9 n.s.	
Negro	3.6 n.s.	28936 n.s.	118.40 n.s.	3552.1 n.s.	32488 n.s.	100.5 n.s.	8.1 n.s.	
Considerando sólo la especie de nematodo								
<i>M. arenaria</i>	3.7 n.s.	27254 n.s.	188.77 n.s.	5663.0 n.s.	32917 a ¹	80.6 n.s.	9.2 a	
<i>M. javanica</i>	3.5 n.s.	14705 n.s.	128.86 n.s.	3865.8 n.s.	18571 b	59.9 n.s.	5.3 b	
Considerando las interacciones								
Nematodo	Variedad							
<i>M. arenaria</i>	Blanco	3.2 n.s.	10013 n.s.	257.96 n.s.	7738.9 n.s.	17752 n.s.	28.6 n.s.	4.4 n.s.
<i>M. arenaria</i>	Colorado	4.4 n.s.	35119 n.s.	219.25 n.s.	6577.4 n.s.	41696 n.s.	90.3 n.s.	10.4 n.s.
<i>M. arenaria</i>	Negro	3.6 n.s.	36630 n.s.	89.09 n.s.	2672.6 n.s.	39303 n.s.	122.4 n.s.	9.8 n.s.
<i>M. javanica</i>	Blanco	3.0 n.s.	13648 n.s.	100.41 n.s.	3012.2 n.s.	16661 n.s.	51.5 n.s.	4.2 n.s.
<i>M. javanica</i>	Colorado	3.8 n.s.	9224.0 n.s.	138.45 n.s.	4153.6 n.s.	13378 n.s.	48.4 n.s.	3.3 n.s.
<i>M. javanica</i>	Negro	3.6 n.s.	21242 n.s.	147.72 n.s.	4431.6 n.s.	25674 n.s.	78.2 n.s.	6.4 n.s.

*n.s. = las diferencias entre medias que ocupan una misma columna no difieren significativamente entre sí

¹Valores en la misma columna y correspondientes a la misma fuente de variabilidad que comparten entre sí la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí.

CONCLUSIONES

- Este trabajo constituye el primer estudio de patogenicidad de nematodos pertenecientes al género *Meloidogyne* sobre *P. vulgaris* en el departamento Palpalá, provincia de Jujuy.

- Las tres variedades comerciales de poroto resultaron positivas a la inoculación de los nematodos agalladores ensayados.

BIBLIOGRAFÍA

- Bridge, J.; Page, S.L.J. (1980). Estimation of root-knot nematodes infestation levels on roots using a rating chart. *Tropical Pest Management* 26:296-298.
- Gallardo, C., Achinelly, M. F., Cap, G., Nico, A., Brito, J. A. (2018). Molecular identification of *Meloidogyne* spp. infecting beans (*Phaseolus vulgaris*) in Argentina. Trabajo presentado en el 50th Annual Meeting/ Organization of Nematologists of Tropical America. Arequipa, Perú, 19 al 23 de agosto de 2018. *Nematropica* 48: 16.
- Jenkins W R. (1964). A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Dis. Rep.* 48:692
- Jepson, S. (1987). Identification of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* species). CAB International, Wallingford, UK. 265 pp.
- McSorley, R.; Pohronezny, K. y Stall, W.M. (1981). Aspects of nematode control on snap bean with emphasis on the relationship between nematode density and plant damage. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 94, 134-136.
- Melakerberhan. H. Brooked, R. C.; Webster, J. M. y D'auria, J. M. (1985). The influence of *Meloidogyne incognita* on the growth, physiology and nutrient content of *Phaseolus vulgaris*. *Physiological Plant Pathology*, 26,259-268.
- Moura, R.M.; Regis, E.M.O. (1987). Reações de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (Nematoda: Heteroderidae). *Nematologia Brasileira*, 11: 215-225.
- Mullin, B. A., Abawi, G.S., Pastor-Corrales, M. A.; Kornegay, J. L. (1991). Root-knot nematodes associates with beans in Colombia and Peru and related yield loss. *Plant Dis.* 75:1208-1211.
- Omwega, C. O., Thomason, I. J., and Roberts, P. A. (1988). A non-destructive technique for screening bean germplasm for resistance to *Meloidogyne incognita*. *Plant Dis.* 72, 970-972.
- Santos, L.N.S.; Alves, F.R.; Belan, L.L.; Cabral, P.D.S.; Matta, F.P.; Jesus Junior, W.C.; Moraes, W.B. (2012). Damage quantification and reaction of bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Meloidogyne incognita* race 3 and *M. javanica*. *Summa Phytopathologica*, v.38, n.1, p.24-29, 2012.

METACOGNITIVE AWARENESS INVENTORY' (MAI) EN FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNJu: ANÁLISIS, ADAPTACIÓN Y EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

METACOGNITIVE AWARENESS INVENTORY' (MAI) AT UNJu FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES: ANALYSIS, ADAPTATION AND EVALUATION OF THE INSTRUMENT

Maria del Carmen Rivera Funes¹, Norma Di Filippo Ordoñez², Hugo Federico Benitez Ahrendts², Juan Manuel Solís³, Ivone Carolina Humacata³, Emanuel Celestino González¹, Hugo Borsetti¹, Graciela Eugenia Bianco Sadir¹

¹Cátedra de Genética. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu. ²Cátedra de Principios de Desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agrarias. ³Cátedra de Bioestadística y Diseño Experimental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu.

*Autor para correspondencia:
maria_riverafunes@fca.unju.edu.ar

RESUMEN

Período de Publicación:
Diciembre 2023

Historial:
Recibido: 05/09/2023
Aceptado: 10/10/2023

El objetivo de este estudio fue analizar, evaluar, adaptar, validar y realizar el proceso de adaptación cultural del Metocognitive Awareness Inventory (MAI), en una muestra de estudiantes de la FCA -UNJU, durante el aprendizaje de los mismos. Se modificó el cuestionario propuesto por el MAI para el estudio, quedando 33 ítems, en las ocho categorías propuestas por el MAI original: conocimiento declarativo, conocimiento procedimental, conocimiento condicional, planificación, organización, seguimiento, depuración y evaluación. La aplicación del "MAI jujeño" se realizó en una muestra conformada por un total de 102 estudiantes de los cuales 51 estudiantes corresponden al ciclo básico de formación y 51 al ciclo superior de la FCA - UNJu y sedes, a los cuales se les realizó un cuestionario virtual dentro de un contexto de adaptación cultural. Al analizar y evaluar los resultados que arrojó el MAI jujeño se evidencia una buena adaptación ya que los estudiantes del ciclo superior presentan mayores estrategias metacognitivas y responden mayoritariamente a las afirmaciones de la escala Likert como "Frecuentemente, en comparación con los estudiantes del ciclo básico. La confiabilidad del instrumento se midió a través los coeficientes de alfa ordinal o de Cronbach. Los datos fueron analizados mediante el software estadístico de uso libre R. La escala de fiabilidad o consistencia interna (alfa ordinal o de Cronbach) estableció un valor de 0,8 para la organización; 0,7 para el conocimiento declarativo, condicional y planificación; 0,6 monitoreo; 0,4 conocimiento procedimental y depuración; 0,3 evaluación. La validación y evaluación del instrumento MAI ajustado a 33 ítems demostró fiabilidad y consistencia interna para su aplicación. Los resultados permitieron concluir que la versión "jujeña del MAI" es un instrumento válido y confiable que puede ser utilizado en futuras investigaciones con el objetivo de conocer sobre la conciencia metacognitiva de los estudiantes.

Palabras clave: Metacognición, Inventario de Habilidades Metacognitivas, Validación

SUMMARY

The objective of this study was to analyse, evaluate, adapt, validate, and carry out the process of cultural adaptation of the Metacognitive Awareness Inventory (MAI), in a sample of students from the FCA -UNJU, during their learning. The questionnaire proposed by the MAI for the study was modified, leaving 33 items in the eight categories proposed by the original MAI: declarative knowledge, procedural knowledge, conditional knowledge, planning, organization, monitoring, debugging, and evaluation. The application of the "MAI Jujeño" was carried out in a sample made up of a total of 102 students, out of which 51 correspond to the basic training cycle and 51 to the higher cycle of the FCA - UNJU and campuses, who completed a virtual questionnaire within a context of cultural adaptation. When analysing and evaluating the results of the MAI from Jujuy, a good adaptation is evident since the students of the upper cycle present greater metacognitive strategies and respond mainly to the statements of the Likert scale such as "Frequently", in comparison with the students of the basic cycle. The reliability of the instrument was measured through the ordinal alpha or Cronbach's coefficients. The data were analysed using the free statistical software R. The reliability or internal consistency scale (ordinal or Cronbach's alpha) established a value of 0.8 for the organization; 0.7 for declarative, conditional, and planning knowledge; 0.6 monitoring; 0.4 procedural knowledge and debugging; 0.3 evaluation. The validation and evaluation of the MAI instrument adjusted to 33 items showed reliability and internal consistency for its application. The results allowed us to conclude that the "Jujeño version of the MAI" is a valid and reliable instrument that can be used in future research with the aim of learning about students' metacognitive awareness.

Keywords: metacognition, metacognitive skills inventory, validation

INTRODUCCIÓN

La Educación del presente siglo requiere de la búsqueda de metodologías para posibilitar que los alumnos, interactuando con sus pares, sean los protagonistas en la construcción y apropiación del conocimiento y, por consiguiente, desarrollen durante los procesos de enseñanza-aprendizaje grados crecientes de habilidades como la autonomía, la reflexión, la crítica y la innovación, a partir de sus propios procesos cognitivos y su regulación que constituye un concepto clave en términos del desarrollo de la facultad de tomar decisiones ante diversas situaciones problemáticas. Esta capacidad del ser humano se denomina Metacognición (Jaramillo & Ossesa, 2012).

La metacognición es parte de los procesos superiores del cerebro siendo uno de los más especializados y complejos debido a que se la explica como una función con la capacidad de conocer, controlar y monitorear sus procesos y estados en el campo de lo cognitivo. Al ser una función sumamente compleja

se integra por una serie de procesos y componentes que le permite adquirir, consolidar y evaluar el conocimiento que se obtiene por lo que se encuentra íntimamente relacionado con el aprendizaje en los sujetos (Bustos, et al. 2014; Reyes et.al., 2016)

Diferentes estudios muestran la importancia de desarrollar habilidades metacognitivas en los estudiantes porque está relacionada con el logro académico, el aprendizaje autorregulado y el desarrollo del pensamiento crítico, entre otros (Klimenko & Alvares, 2009; Magno, 2010; Doganay & Demir, 2011). En su estudio Klimenko & Alvares (2009) señalan que una manera de que los estudiantes adquieran herramientas necesarias para el fomento del aprendizaje autónomo es la explicitación y uso de estrategias cognitivas y metacognitivas y que el papel del docente es ser mediador y orientador.

En un estudio realizado por Magno (2010) se concluye que los factores de la metacognición están significativamente relacionados con los factores del pensamiento crítico, es decir, personas con mayor desarrollo de habilidades metacognitivas presentan también mayor desarrollo de su pensamiento crítico.

La lectura, escritura, resolución de problema, toma de decisiones, etc. son actividades que requieren de la cognición y principalmente de la metacognición para lograr una mejor comprensión de estos procesos.

La resolución de problemas en las diferentes materias de las carreras de la Facultad de Ciencias Agrarias- Universidad Nacional de Jujuy (FCA-UNJu), requiere de la metacognición para encontrar la solución del problema y, además, porque facilita el aprendizaje de los conceptos relacionados (Reyes et al., 2016).

La Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Jujuy (FCA- UNJu) cuenta con carreras de pregrado y grado como tecnicaturas, Ingeniería y Licenciaturas en su sede central y expansiones académicas donde se busca la inclusión de todos los sujetos fortaleciendo la adaptación cultural pedagógica y la equidad educativa. Estas diferentes carreras corresponden al campo de las ciencias exactas, por ello el objetivo de este estudio fue realizar el proceso de adaptación cultural del Metacognitive Awareness Inventory (MAI), analizar, evaluar, adaptar y validar en una muestra de estudiantes de la FCA -UNJU, durante el aprendizaje de los mismos. Para la validación estadística se empleó la técnica de análisis factorial, evaluando la asociación entre las variables, como así también por medio de medidas de asociación multivariadas. Se utilizó los coeficientes de alfa ordinal o de Cronbach para medir la confiabilidad del instrumento (Solis et al., 2022).

El MAI fue adaptado al turco y validado por Akin, Abaci & Cetin (2007) con estudiantes universitarios, la consistencia interna fue de 0,95. A partir del MAI Balcikanli (2011) elaboró y validó un inventario para medir la conciencia metacognitiva de los docentes, lo denominó MAIT; contiene 24 preguntas referidas a seis categorías: conocimiento declarativo, procedimental y condicional, planeación, monitoreo y evaluación cuya consistencia interna varió entre 0,79 y 0,85. Balcikanli (2011) afirma que el MAIT puede ser utilizado como una herramienta en el área de la investigación educativa.

Por otra parte, teniendo en cuenta que el MAI es un instrumento para ser usado con jóvenes y adultos, Sperling, Howard, Miller & Murphy (2002) diseñaron y validaron un instrumento que denominaron MAI junior, para medir la conciencia metacognitiva en estudiantes de tercero a noveno y que, como el instrumento de Schraw & Dennison (1994), incluye ítems relacionados con el conocimiento de la cognición y la regulación de la cognición. Una adaptación del MAI fue hecha y utilizada en un estudio para evaluar el impacto de la conciencia metacognitiva de profesores de ciencias, en la conciencia metacognitiva de sus estudiantes de secundaria, los cambios en el instrumento fueron de tipo gramatical y de estilo, la consistencia interna fue de 0,88 para docentes y de 0,78 para estudiantes (Rahman et al., 2010).

Este instrumento (MAI) fue creado por Schraw y Dennison en 1994 para identificar habilidades metacognitivas en los sujetos y consta de 52 ítems distribuidos en dos categorías generales: a) Conocimiento de la Cognición y b) Regulación de la cognición, que a su vez se subdividen en ocho subcategorías diferentes

(ver Tabla 1). En el punto a) se encuentra el conocimiento declarativo, conocimiento procedimental y el conocimiento condicional. En el punto b) tiene como subcategorías la planificación, la organización, el monitoreo, la depuración y la evaluación.

El instrumento fue distribuido en dos categorías generales a) Conocimiento de la Cognición y b) Regulación de la cognición que a su vez se subdividen en ocho subcategorías diferentes (ver Tabla 1). En el punto a) se encuentra el conocimiento declarativo, conocimiento procedimental y el conocimiento condicional. En el punto b) tiene como subcategorías la planificación, la organización, el monitoreo, la depuración y la evaluación.

El Conocimiento de la Cognición, hace referencia al conocimiento que tienen las personas sobre su propio conocimiento o sobre la cognición en general y tiene como subprocesos el conocimiento declarativo, el conocimiento procedimental y el conocimiento condicional que, en esencia, están relacionados respectivamente con “saber sobre”, “saber cómo” y “saber por qué y cuándo”.

El Conocimiento Declarativo está relacionado con el conocimiento acerca de uno mismo como estudiante y la conciencia de los factores que afectan el aprendizaje, estrategias y recursos empleados para tal fin.

El Conocimiento Procedimental hace referencia al conocimiento acerca de la ejecución de las habilidades de procedimiento, a utilizar correctamente las estrategias y recursos en el proceso de aprendizaje.

El Conocimiento Condicional hace referencia al saber cuándo y por qué utilizar una acción cognitiva (Schraw & Moshman, 1995; Bustos, *et al* 2014).

La regulación de la cognición se refiere a las actividades metacognitivas que ayudan a controlar el pensamiento o el aprendizaje y los tres subprocesos que la conforman son la planeación, el monitoreo y la evaluación. En la planeación se fijan metas y se establecen tiempos para su cumplimiento, se seleccionan estrategias apropiadas y se asignan recursos; en el monitoreo se tiene conciencia de la comprensión y ejecución de tareas mientras se están desarrollando; y en la evaluación se hace una valoración o juicio de los aprendizajes logrados y la pertinencia de las estrategias implementadas (Brown, 1987; Schraw & Moshman, 1995; Bustos, *et al* 2014).

Por otra parte, Schraw & Denninson (1994) señalaron que la regulación de la cognición incluye subprocesos que facilitan el control del aprendizaje entre los que se destacan, además de los tres anteriores, la organización y la depuración. En la primera se aplican estrategias y heurísticas que ayudan a gestionar la información; y la depuración está relacionada con las estrategias que se utilizan para corregir errores durante el desarrollo de la tarea.

El MAI brinda información general del nivel metacognitivo de los alumnos y permite conocer cuáles son los procedimientos más generales y habituales que ellos utilizan para estudiar o qué procedimientos emplean cuando se asignan tareas de estudio. Esto permite orientar a los docentes, para ordenar y maximizar los procesos de enseñanza – aprendizaje. Validar este instrumento MAI resulta innovador ya que para docentes e investigadores contar con esta herramienta permitiría para futuros estudios conocer hacia dónde se deben enfocar las estrategias de enseñanza y abrir nuevas líneas de investigación.

Tabla 1: Definición de categorías y subcategorías del MAI

Categoría	Subcategorías	Definición
Conocimiento de la Cognición	Conocimiento declarativo	Conocimiento que tiene un sujeto de su aprendizaje, sus habilidades y el uso de sus capacidades cognitivas.
	Conocimiento procedimental	Conocimiento que tiene un sujeto sobre el empleo de sus estrategias de aprendizaje.
	Conocimiento condicional	Conocimiento que tiene un sujeto acerca de cuándo y por qué utilizar las estrategias de aprendizaje.
Regulación de la cognición	Planificación	Planeación, por parte del sujeto, de los tiempos de estudio, fijación de metas de aprendizaje y selección de recursos.
	Organización	Proceso realizado por el sujeto que le permite organizar las actividades durante entorno al aprendizaje.
	Monitoreo	Supervisión que ejerce el sujeto del proceso de aprendizaje durante el desarrollo de tareas.
	Depuración	Proceso realizado por el sujeto y que le permite identificar debilidades en el aprendizaje y ajustar las estrategias para mejorar su desempeño.
	Evaluación	Análisis, por parte el sujeto, de la efectividad de las estrategias implementadas.

Nota: Extraído de Bustos, et al 2014

OBJETIVOS

Analizar, evaluar, adaptar, validar y realizar el proceso de adaptación cultural del Metacognitive Awareness Inventory (MAI), en una muestra de estudiantes de la FCA -UNJU, durante el aprendizaje de los mismos en el contexto jujeño.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarcó desde la investigación cualitativa, su estructura se orientó al planteamiento de una serie de preguntas con respuestas orientadas al objetivo planteado. Se adaptó y aplicó un cuestionario de 33 preguntas (Ver Anexo I), distribuidas en ocho categorías diferentes: conocimiento declarativo, conocimiento procedimental, conocimiento condicional, planificación, organización, monitoreo, depuración y evaluación. Este cuestionario se basó en el instrumento original Metacognitive Awareness Inventory (MAI) el cual fue ajustado de 52 preguntas a 33 (MAI jujeño) fue validado y evaluado por la cátedra de Bioestadística y Diseño experimental de la FCA-UNJu. Por otro lado este instrumento "MAI jujeño" fue analizado, evaluado y adaptado por Cátedra de Genética y Cátedra de Principios de Desarrollo Rural FCA-UNJu.

La versión de esta investigación se adaptó a 33 ítems, ya que algunos de los ítems se consideraron

difíciles de interpretar o confusos para los participantes al momento de responder; y se observó que varios de ellos que estaban incluidos en otros elementos de la prueba.

Para validar el cuestionario, se emplearon técnicas de análisis exploratorio multivariado y análisis factorial para cada una de las ocho categorías del MAI, con el fin de evaluar la validez de los constructos. La confiabilidad del instrumento se midió a través de los coeficientes de alfa ordinal o de Cronbach. Los datos fueron analizados mediante el software estadístico de uso libre R. La escala de fiabilidad o consistencia interna establece que valores de alfa $>0,9$ son muy confiables, entre 0,8 y 0,9 son confiables, entre 0,7 y 0,8 son aceptables, y menores a 0,7 son dudosos o poco confiables (Bustos, et al., 2014).

La muestra estuvo conformada por un total de 102 estudiantes de los cuales 51 estudiantes se corresponden al ciclo básico de formación y 51 al ciclo superior de la FCA – UNJu, de las sedes de capital, San Pedro, Humahuaca y Abra Pampa, abarcando los ciclo básico y superior. Se realizó un cuestionario virtual confidencial, caracterizado por ser de autoreporte e inclusivo siguiendo el lineamiento pedagógico de adaptación cultural, por lo que no se discriminó variables como género, edad, calidad de vida, situación de trabajo, etc. Para analizar, evaluar y adaptar el MAI se utilizó una escala Likert con las siguientes opciones de respuesta: nunca, algunas veces, mitad de tiempo, frecuentemente, siempre (Bustos, et al., 2014). Cada pregunta evalúa el grado en que el enunciado describe al estudiante.

RESULTADOS

Con los valores de alfa ordinales por constructo se pudo validar el instrumento en las siguientes dimensiones: conocimiento declarativo (8, 10, 12, 13, 16) conocimiento procedimental (2, 23) conocimiento condicional (preguntas 11, 14, 22 y 24), planificación (preguntas 3, 4, 18 y 30), organización (preguntas 7, 25, 29, 31 y 33), evaluación (5, 15, 20) monitoreo (preguntas 9, 17 y 27) y depuración (21, 33).

La escala de fiabilidad o consistencia interna estableció un valor de 0,8 para la organización; 0,7 para el conocimiento declarativo, condicional y planificación; 0,6 monitoreo; 0,4 conocimiento procedimental y depuración; 0,3 evaluación. En la Tabla 2 se observa que los ítems asociados a los constructos “Conocimiento Declarativo,” “Conocimiento Condicional,” “Planificación” y “Organización” presentaron una consistencia interna aceptable o confiable, en tanto que la dimensión “Monitoreo” presentó una consistencia dudosa. El resto de las dimensiones presentaron una consistencia interna poco confiable (Tabla 2).

El tamaño muestral fue restrictivo para lograr el ajuste de un modelo que incluya todas las dimensiones teóricas.

Tabla 2: Valores de alfa ordinales por constructo

Dimensión	Ítems	Alfa.ordinal
Conocimiento Declarativo	8,10,12,13,16	0,7
Conocimiento Procedimental	2,23	0,4
Conocimiento Condicional	11,14,22,24	0,7
Planificación	3,6,18,19,30	0,7
Organización	7,25,26,28,29,31,32,33	0,8
Evaluación	5,15,20	0,3
Monitoreo	1,9,17,27	0,6
Depuración	21,33	0,4

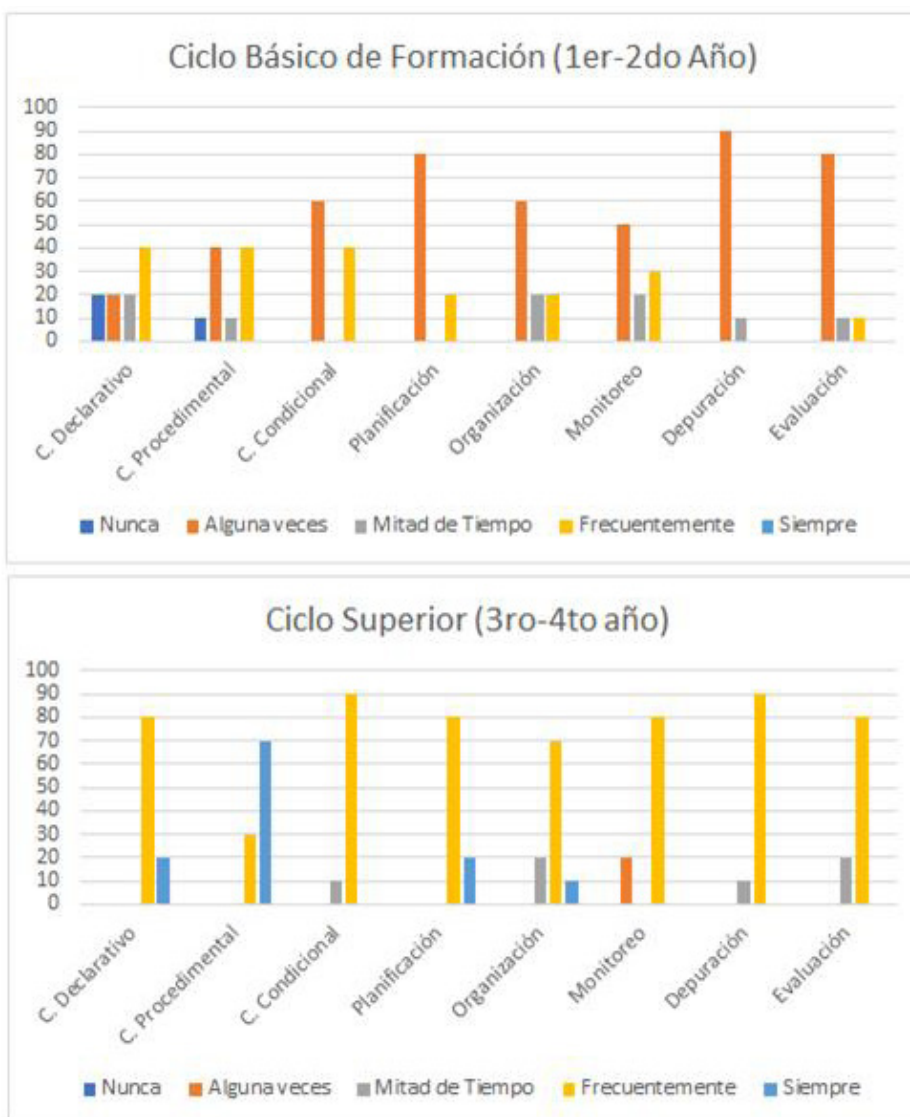
Los resultados obtenidos del análisis, evaluación y adaptación del MAI, distribuido en las ocho categorías, dentro de del ciclo básico y superior según escala Likert mostraron (Ver gráfico N°1):

En el ciclo básico de formación, en la categoría de conocimiento declarativo el 40% de los estudiantes mencionan aplicar sus aprendizajes, habilidades y el uso de sus capacidades cognitivas “frecuentemente”, el resto de los estudiantes “nunca”, “algunas veces” y “mitad de tiempo”. El conocimiento procedimental, aquel que tiene el sujeto sobre el empleo de sus estrategias de aprendizaje el 40% de los estudiantes mencionan tenerlo “algunas veces” y “frecuentemente” mientras que el 10% en “nunca”, “algunas veces” y “mitad de tiempo”. El conocimiento condicional acerca de cuándo y por qué utilizar las estrategias de aprendizaje el 60% lo aplican “algunas veces” y el 40% “frecuentemente”. La Planeación de los tiempos de estudio, fijación de metas de aprendizaje y selección de recursos el 80% es aplicado “algunas veces” y el 20% frecuentemente. La organización de las actividades durante entorno al aprendizaje el 60% “algunas veces”, el 20% “mitad de tiempo” y “frecuentemente”. El monitoreo que ejerce el sujeto del proceso de aprendizaje durante el desarrollo de tareas el 50% “algunas veces”, el 30% “frecuentemente” y el 20% “mitad de tiempo”. Depuración, proceso realizado por el sujeto que le permite identificar debilidades en el aprendizaje y ajustar las estrategias para mejorar su desempeño el 90% “algunas veces” y el 10% “mitad de tiempo”. La evaluación por parte el sujeto, la efectividad de las estrategias implementadas el 80% “algunas veces”, 10% “mitad de tiempo y frecuentemente”.

Mientras que en el ciclo superior se evidencia, que en la categoría de conocimiento declarativo el 80% de los estudiantes mencionan aplicarlo “frecuentemente y el 20% siempre. El conocimiento procedimental el 70% de los estudiantes mencionan tenerlo “siempre” y el 30% “frecuentemente. El conocimiento condicional el 90% de los estudiantes lo aplican “frecuentemente” y el 10% “mitad de tiempo”. El 80% de los entrevistados planifican “frecuentemente” los tiempos de estudio, fijación de metas de aprendizaje y selección de recursos, el 20% es aplicado “algunas veces” y el 20% siempre. La organización de las actividades durante entorno al aprendizaje el 70% de los estudiantes afirman su organización “frecuentemente”, el 20% “mitad de tiempo” y el 10% “siempre”. El monitoreo el 80% afirman aplicarlo “frecuentemente”, el 20% “algunas veces”. Depuración, el 90% mencionan “frecuentemente” y el 10% “mitad de tiempo”. La evaluación el 80% “frecuentemente” y el 20% “mitad de tiempo (Ver gráfico N°1)

A su vez, se evidencia que las subcategorías de los conocimientos comparando el ciclo básico de formación y el ciclo básico superior, se observa que según escala Likert en el ciclo básico los porcentajes de estudiantes responden de forma heterogénea a los atributos de la escala, mientras que en el ciclo superior la distribución de las respuestas se hace más homogénea siendo para el atributo “frecuentemente” el más representativo.

Gráfico 1: Se muestran los porcentajes de las subcategorías de conocimientos en escala Likert de los estudiantes del ciclo básico de formación del ciclo superior.



DISCUSIÓN

La escala de fiabilidad o consistencia interna del estudio del valor alfa de Cronbach estableció un valor de 0,8 para la organización; 0,7 para el conocimiento declarativo, condicional y planificación; 0,6 monitoreo; 0,4 conocimiento procedimental y depuración; 0,3 evaluación.

En concordancia a Bustos, et al., (2014) en donde la escala de fiabilidad o consistencia interna establece que valores de alfa >0,9 son muy confiables, entre 0,8 y 0,9 son confiables, entre 0,7 y 0,8 son aceptables, y menores a 0,7 son dudosos o poco confiables.

Según Campo & Oviedo, (2008); Cervantes, (2005); Cortina, (1993) entre mayor sea el valor alfa de Cronbach se afirma que existe mayor correlación entre los ítems que componen una escala afirmando la consistencia interna del instrumento MAI.

La literatura especializada no presenta valores estándar para la interpretación de los alfa de Cronbach, algunos autores aseguran que los aceptados se encuentran entre 0,6 y 0,8 (Jaramillo & Osses, 2012; Jusi, Denise, & Leonar, 2006; Nunnally, 1987), otros investigadores expresan que valores de coeficientes confiables oscilan entre 0,7 y 0,9 (Campo & Oviedo, 2008; Kaplan & Saccuzzo, 2005).

La validación del instrumento MAI ajustado a 33 ítems demostró fiabilidad y consistencia interna para su aplicación. Entre los antecedentes de importancia de estudios de estandarización realizados con el MAI se consideraron las investigaciones realizadas por Kallio et al., (2017), quienes desarrollaron un estudio en Finlandia con 208 docentes en servicio, vinculados con instituciones educativas de orientación vocacional, que tuvo como objetivo determinar la utilidad de una versión abreviada de 18 reactivos (forma MAIT-18) para evaluar la conciencia metacognitiva de docentes en servicio, y un estudio realizado por Vanags, Pestovs y Peršēvica (2018) con 301 docentes de la ciudad de Letonia, que tuvo como objetivo establecer las propiedades psicométricas del inventario MAIT en su versión adaptada de 18 reactivos (MAIT-18) (Kallio et al., 2017), en el que se determinó la fiabilidad interna, la validez factorial y convergente de la prueba, con valores similares a la versión original del instrumento (Vanags et al., 2018).

Los resultados del MAI jujeño respecto del análisis, evaluación y adaptación evidencian que los estudiantes del ciclo superior presentan mayores estrategias metacognitivas en comparación con los estudiantes del ciclo básico. Asimismo, se observa que los estudiantes del ciclo superior responden mayoritariamente a las afirmaciones de la escala Likert como “Frecuentemente” a las categorías y subcategorías del MAI, contrastando con los estudiantes del ciclo básico. Estos hallazgos son consistentes con los estudios reportados por Martínez-Fernández (2007) y Camarero & Herrera (2000), quienes encontraron un mayor uso de estrategias metacognitivas en estudiantes universitarios al final de la carrera en comparación con el nivel intermedio e inicial. Mientras que se contrastan con los estudios realizados por Labatut (2004) y Herrera (2004), quienes utilizando el mismo instrumento (MAI) no encontraron diferencias significativas en los semestres iniciales en ninguno de los componentes.

Varios autores demuestran la correlación positiva entre las habilidades metacognitivas y el logro de aprendizaje (Young & Fry, 2008; Gula & Shehzadb, 2012; Narang & Saini, 2013;), esto se corrobora en los estudiantes avanzados de la Facultad de Ciencias Agrarias, que van desarrollando más habilidades metacognitivas a lo largo de la carrera.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio permitieron cumplir con el objetivo analizar, evaluar adaptar y validar el instrumento metacognitivo en los estudiantes de la FCA-UNJu de manera favorable. Se concluye que la versión jujeña del MAI queda evaluada y validada por el alfa Cronbach y puede ser utilizada por docentes e investigadores para conocer las habilidades metacognitivas de los estudiantes. Aunque algunas de las categorías obtuvieron valores para el alfa de Cronbach menores que los arrojados en el estudio de validación del instrumento original, son considerados aceptables. Por otro lado la alta correlación entre las escalas de MAI avala la consistencia interna del instrumento.

También se concluye que el MAI jujeño fue analizado, evaluado y adaptado, a través de los resultados que evidencian que los estudiantes del ciclo superior presentan mayores estrategias metacognitivas en comparación con los estudiantes del ciclo básico. Los estudiantes del ciclo superior responden mayoritariamente a las afirmaciones de la escala Likert como “Frecuentemente”, en relación a las categorías y subcategorías del MAI contrastando con los estudiantes del ciclo básico.

La versión jujeña del inventario de habilidades metacognitivas (MAI) es un instrumento válido y confiable que puede ser utilizado en futuras investigaciones para obtener información sobre la conciencia metacognitiva de los estudiantes. Además, respaldan la necesidad de implementar intervenciones pedagógicas que fomenten y fortalezcan estas habilidades en los estudiantes, especialmente en etapas tempranas de su educación. Sin embargo, es importante destacar que este estudio no es concluyente, ya que fue aplicado con intención inclusiva sobre el contexto de adaptación cultural pedagógica por lo que se descartaron variables como las que se mencionan *ut supra*. Se sugiere continuar la investigación incluyendo nuevas variables y con un tamaño de muestra más grande para enriquecer los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Akin, A.; Abaci, R. & Cetin, B. (2007). 'The Validity and Reliability of the Turkish Version of the Metacognitive Awareness Inventory'. *Educational Sciences: Theory & Practice* [7, 2, 671-678].
- Arteta, H., & Huaire, E. (2016). Estrategias metacognitivas y concepciones de aprendizaje en estudiantes universitarios. *Horizonte de la Ciencia* 6(11), 149-158.
- Balcikanli, C. (2011). 'Metacognitive Awareness Inventory for Teachers (MAIT)'. *Journal of Research in Educational Psychology* [9, 3, 1309-1332].
- Brown, A. (1987). 'Metacognition, executive control, self-regulation and other mysterious mechanisms'. KLUWE W., R. H. (Ed.) *Metacognition, motivation and understanding* [65-116].
- Bustos, P.; Vesga Bravo, G. J, Galindo León, M. (2014). Validación del Instrumento "Inventario de Habilidades Metacognitivas (MAI)" con Estudiantes Colombianos - *Praxis & Saber* Vol. 5. Núm. 10 - Pág. 55-74.
- Camarero, F., Martín, F., Herrera, J. (2000). Estilos y Estrategias de aprendizaje en estudiantes universitarios. *Psicotema*, 12(4), 615-622.
- Campo, A. & Oviedo, H. (2008). 'Propiedades psicométricas de una escala: la consistencia interna. *Revista de salud pública* [10, 5, 831-839].
- Cervantes, V. (2005). 'Interpretaciones del coeficiente alpha de Cronbach'. *Avances en medición* [3, 9-28].
- Cortina, J. (1993). 'What is Coefficient alpha?' *Journal of Applied Psychology* [78, 1, 98-104].
- Doganay, A. & Demir, O. (2011). 'Comparison of the Level of Using estudiantes universitarios de psicología. *Anales de psicología* 23(1), junio, 7-16.
- Goti, M. (2006). Metacognición y motivación en el aula. *Revista de Psicodidáctica*, 1(6). Recuperado de: <http://www.ehu.es/ojs/index.php/psicodidactica/article/view/90>
- Gula, F. & Shehzadb, S. (2012). 'Relationship between metacognition, goal orientation and academic achievement'. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [47, 1864-1868].
- Herrera, J. (2004). Metacognición en estudiantes de una universidad pública y una universidad privada. Tesis de pregrado no publicada, Universidad Marista de Mérida.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. (2017). Cuentas Satélite de los Servicios de Educación del Ecuador 2007-2013. Recuperado de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Cuentas_Satelite/Cuentas_Satelite_Educacion/4_Publicaci%C3%B3n_CSE_2007-2013.pdf
- Jaramillo S. & Ossesa S. (2012). Validación de un Instrumento sobre Metacognición para Estudiantes de Segundo Ciclo de Educación General Básica. *Estudios Pedagógicos XXXVIII*, Nº 2: 117-131
- Jusi, H.; Denise, D. & Leonar, R. (2006). 'Perceived Third-Person Effects and Consumer Attitudes on Prevetting and Banning DTC Advertis'. *The Journal of Consumer Affairs* [40, 1, 90-116].
- Kallio, H., Virta, K., Kallio, M., Virta, A., Hjärdemaal, F., & Sandven, J. (2017). The utility of the metacognitive awareness inventory for teachers among inservice teachers. *Journal of Education and Learning*, 6(4),

78-91. doi:10.5539/jel.v6n4p78

- Kaplan, R. & Saccuzzo, D. (2005). *Psychological testing: Principles, applications and issues*. Wadsworth: Thomson.
- Klimenko, O. & Alvarez, J. (2009). 'Aprender cómo aprendo: la enseñanza de estrategias metacognitivas'. *Educación y Educadores* [12, 2, 11-28].
- Labatut, E (2004). *Aprendizaje Universitario: Un enfoque metacognitivo*. Tesis doctoral publicada, Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid.
- LowAchieving Prospective Teachers'. *Educationat Sciences: Theory & Practice* [11, 4, 2036-2043].
- Magno, C. (2010). 'The role of metacognitive skills in developing critical thinking'. *Metacognition Learning* [5, 137-156].
- Martínez, J. R. (2007). *Concepciones de aprendizaje y estrategias metacognitivas en Metacognitive Strategies during Study between High Achieving*
- Narang, D. & Saini, S. (2013). 'Metacognition and Academic Performance of Rural Adolescents'. *Studies on Home and Community Science* [7, 3, 167-175].
- Nunnally, J. (1987). *Teoría psicométrica*. México: Trillas.
- Ozsoy, G. (2011). 'An investigation of the relationship between metacognition and mathematics achievement'. *Asia Pacific Educ. Rev.* [912, 227-235].
- Pacheco, A. (2012). *Estrategias metacognitivas y rendimiento en metodología del aprendizaje e investigación de los estudiantes de I ciclo de la Facultad Universidad Nacional de Ingeniería* (Tesis de Maestría), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3433>
- Rahman, F.; Jumani, N.; Satti, M. & Malik, M. (2010). 'Do metacognitively aware teachers make any difference in students' metacognition?' *International journal of academic research* [2, 6, 219-224].
- Reyes Cevallos C. B., Flores Herrera J. R., Flores B. C. (2016). *Diagnóstico de la metacognición y procesos de aprendizaje de los estudiantes que estudian física en una universidad ecuatoriana*. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 10, No. 4, Dec. 2016
- Schraw, G. & Dennison, R. (1994). 'Assessing metacognitive awareness'. *Contemporary Educational Psychology* [19, 460-475].
- Solis J.M, Humacata I. C., Quiquinto A. J., Cazón L., Bianco Sadir G.E., González E. C., Rivera Funes, M. C., Borsetti, H. M., Di Filippo Ordoñez, N. B., Benitez Ahrendts H. F. (2021). *Libro de Resúmenes I Jornadas de Pedagogías innovadoras en aulas de la FCA-UNJu. 30 de septiembre al 1 de octubre 2021* 125. ISBN: 978-987-3926-69-3. 1a ed. - San Salvador de Jujuy: Universidad Nacional de Jujuy. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Sperling, R.; Howard, B.; Miller L. & Murphy, C. (2002). 'Measures of Children's Knowledge and Regulation of Cognition'. *Contemporary Educational Psychology* [27, 51-79].

Vanags, E., Pestovs, P., & Peršēvica, A. (2018). Metacognitive awareness inventory for teachers (MAIT-18) reliability and validity. Academia de Tecnologías Rezekne (Presidencia). International Scientific conference 'Society, Integration, Education–SIE2018'. 'International Scientific Conference'. Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia

Young, A. & Fry, J. (2008). 'Metacognitive awareness and academic achievement in college students'. Journal of the Scholarship of Teaching and Learning [8, 2, 1-10].

CARACTERIZACIÓN CEPAS DE *Trichoderma* AISLADAS DE SUELOS DE JUJUY-ARGENTINA

CHARACTERISATION OF *Trichoderma* STRAINS ISOLATED IN JUJUY-ARGENTINA SOILS

Susana E. Álvarez^{1*}, Marcelo R. Benítez Ahrendts¹ y Marta G. Yasem de Romero²

¹Facultad de Ciencias Agrarias de la UNJu. ²Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria de la UNT

*Autor para correspondencia:
salvarez@fca.unju.edu.ar

Período de Publicación:
Diciembre 2023

Historial:
Recibido: 03/11/2023
Aceptado: 30/11/2023

RESUMEN

La compleja taxonomía del género *Trichoderma* plantea la utilización de técnicas complementarias, basadas en caracteres morfológicos de especie, moleculares y de compatibilidad vegetativa. Son objetivos del presente trabajo caracterizar tres cepas de *Trichoderma*: T1, T15 aisladas de muestras de suelo de la Depto. Yavi y T16 del Dpto. Tumbaya, provincia de Jujuy. Se realizaron tres repeticiones/caja de cada cepa, en Agar Papa Glucosado (APG 2%) y Agar Spezieller Nährstoffarmer (SNA) para la caracterización y determinación del radio de colonia; a partir de cultivos de 96 h en SNA se realizó montajes en KOH 3% y observación microscópica para la descripción micromorfológica. La caracterización molecular implicó la extracción del ADN utilizando el kit Easy Pure[®] Genomic DNA Kit (EE 101), amplificación por PCR de la región ITS1-5,8S-ITS2 del ADN ribosómico; los productos fueron secuenciados utilizando el servicio de MacroGen Korea. Se utilizó el programa Geneious 9.1.5 para el análisis, contrastando las secuencias con la base de datos moleculares del National Center for Biotechnology Information-NCBI mediante TrichoBLAST. Se utilizó TNT y MEGAS 6 para análisis filogenético. La evaluación de combatividad vegetativa entre las cepas incluyó una cepa de referencia T72 caracterizada como *Trichoderma harzianum*. Se realizaron tres réplicas en PDA 2% de cada combinación de cepas enfrentadas, las que se incubaron a 28°C durante 72 h, la compatibilidad se determinó mediante indicadores de compatibilidad/incompatibilidad. La caracterización morfológica determinó que las tres cepas pertenecen al clado Viridie especie *Trichoderma asperellum*, lo cual guarda correspondencia con la caracterización molecular donde: T1 *Trichoderma asperelloides*/T. *asperellum* y T15 y T16 *Trichoderma asperelloides*. Las tres cepas evidenciaron compatibilidad vegetativa, resultando incompatibles con la cepa de referencia. Las técnicas aplicadas permitieron caracterizar las cepas, aspecto relevante para avanzar en el desarrollo de productos biotecnológicos de uso agrícola.

Palabras clave: taxonomía, micro morfología, filogenia

SUMMARY

The complex taxonomy of the genus *Trichoderma* suggests the use of complementary techniques, based on morphological and molecular characteristics of the species and vegetative compatibility. The objectives of this work are to characterize three strains of *Trichoderma*: T1, T15 isolated from soil samples from Yavi department and T16 from Tumbaya department, Jujuy province. Three repetitions/box of each strain were performed on Glucosated Potato Agar (APG 2%) and Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA) for characterization and determination of the colony radius; from 96 h cultures in SNA, mounts were carried out in 3% KOH and microscopic observation for micromorphological description. Molecular characterization involved DNA extraction by means of the Easy PureR Genomic DNA Kit (EE 101), PCR amplification of the ITS1-5,8S-ITS2 region of ribosomal DNA; The products were sequenced using the Macrogen Korea service. The Geneious 9.1.5 program was used for the analysis, contrasting the sequences with the molecular database of the National Center for Biotechnology Information-NCBI using TrichoBLAST. TNT and MEGAS 6 were used for phylogenetic analysis. The evaluation of vegetative combativity between the strains included a reference strain T72 characterized as *Trichoderma harzianum*. Three replicates were carried out in 2% PDA of each combination of opposing strains, which were incubated at 28°C for 72 h, compatibility was determined by means of compatibility/incompatibility indicators. The morphological characterization determined that the three strains belong to the Viridie clade species *Trichoderma asperellum*, which corresponds to the molecular characterization where: T1 *Trichoderma asperelloides*/T. *asperellum* and T15 and T16 *Trichoderma asperelloides*. The three strains showed vegetative compatibility, being incompatible with the reference strain. The applied techniques allowed the strains characterization, a relevant aspect to advance the development of biotechnological products for agricultural use.

Keywords: micro morphology, phylogeny, taxonomy

INTRODUCCIÓN

Trichoderma es un género de los ascomicetes orden Hypocreales, familia Hypocreaceae (Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes, Hypocreales, Hypocreaceae). El teleomorfo ha sido clasificado en los géneros *Hypocrea*, *Aphysiostroma*, *Creopus*, *Chromocrea*, *Podostroma* y *Sarawakus* (Samuels & Hebbbar, 2015). Estos géneros se consideran actualmente sinónimos de *Trichoderma* (Jaklitsch y Voglmayr, 2013, 2015; Rossman *et al.*, 2013). El género *Trichoderma* fue descrito por Persoon en 1794 y posteriormente Rifai lo revisó proponiendo nueve especies agregadas (Persoon, 1794; Rifai, 1969) *T. piluliferum* Webster y Rifai, *T. polysporum* (Link ex Pers) Rifai, *T. hamatum* (Bon) Bain, *T. koningii* Rifai, *T. aureoviride* Rifai, *T. harzianum* Rifai, *T. longibrachiatum* Rifai, *T. pseudokoningii* Rifai y *T. viride* Pers ex S. F Gray. Bissett reexaminó los criterios de Rifai y definió cinco secciones: *Trichoderma*, *Longibrachiatum*, *Saturnisporum*, *Pachybasium* e *Hypocreanum* (Bissett, 1984; 1991a; 1991b; 1991c). Su estudio se basó en la taxonomía tradicional. En la actualidad, la taxonomía basada en caracteres morfológicos no permite una identificación acabada de las especies del género, por lo que la introducción de técnicas moleculares resulta fundamental en estudios a nivel inter específico y, combinadas con criterios morfológicos, conducen a la reubicación

de algunas especies, la definición de otras nuevas y/o conectar fases anamorfos con su teleomorfo. En este sentido, la Reacción en Cadena de la Polimerasa y la secuenciación específicamente de las regiones ITS1 e ITS2 y del factor de elongación, facilitan la identificación del aislamiento al ser comparadas con secuencias depositadas en NCBI GenBank y TrichoBlast. En la actualidad el sitio web oficial que presenta las actualizaciones en cuanto a la taxonomía y estudios vinculados al género, se corresponde al de la Subcomisión Internacional sobre Taxonomía de *Trichoderma* e *Hypocrea* (<https://trichoderma.info/>). Es notable el incremento de especies de *Trichoderma*, pasando de nueve especies a más de 100 en 2006 (Druzhinina, Kopchinskiy & Kubicek, 2006), a 254 especies en 2015 (Bissett *et al.*, 2015) y a 464 en 2023 (ICTT: <https://trichoderma.info/>).

La compatibilidad somática o vegetativa evidencia la existencia o no de variabilidad genética entre aislados de una misma especie de hongo, cepas con cercanía genética muestran patrones similares de compatibilidad (Galdames, 2001). La compatibilidad entre aislados de *Trichoderma* se trató de demostrar sobre la base que las células vegetativas, posiblemente basado en la cantidad de núcleos que poseen estas (Samuels, Petrini, Kuhls, Lieckfeldt & Kubicek 1998), pueden formar heterocarión entre varias especies por medio de la anastomosis hifal, fusión de protoplastos o las transferencias nucleares (Barcellos, Hungria & Pizzirani-Kleiner, 2011). Precisamente por esto, la compatibilidad vegetativa permite evaluar las relaciones genéticas entre especies y/o cepas, y es un marcador útil para mostrar diversidad o variabilidad genética en diferentes especies de hongos (Ortuño & Miranda, 2013; Moo Koh, Alejo, Ramírez, Suárez, Angulo & Islas- Flores, 2018).

Debido a la importancia del género y la complejidad para su identificación hasta nivel de especie, surge la necesidad de abordar su taxonomía con un enfoque amplio, teniendo en cuenta en el presente trabajo los aspectos morfológicos, compatibilidad vegetativa y molecular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como resultado del trabajo de Sivila *et al.* (2017), se aislaron 23 cepas locales de *Trichoderma* de suelos agrícolas de Jujuy, y evaluaron *in vitro* frente a *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.* y *Sclerotium sp.* La caracterización propuesta en el presente trabajo se realizó seleccionando las tres cepas con mejor respuesta antagonista (Tabla N°1).

Tabla 1: Código y procedencia de cepas de *Trichoderma sp.* a caracterizar

Código cepa	Procedencia (Desde muestras de suelo)	Geo-referenciación	Lote/productor
T1	Comunidad Aborigen Hornaditas de la Cordillera Dpto. Yavi-Puna	S 22° 29' 42,35", O 65° 22' 45,30", 3945 msnm	Don Jacinto Torres
T15	Comunidad Aborigen Hornaditas de la Cordillera Dpto. Yavi-Puna	S 22° 29' 42,90", O 65° 22' 51,06", 3934 msnm	Don Rufino Fidencio Torres
T16	Comunidad Aborigen de Punta Corral Dpto. Tumbaya-Quebrada	S 23° 51' 10", -O 65° 27' 58", 2099 msnm	Don Jorge Vilca

1. Caracterización de cepas de *Trichoderma sp.*

Las cepas T1, T15 y T16 conservadas en tubos con APG 2% a 4°C en el cepario de la cátedra de Fitopatología de la FCA-UNJu, se reactivaron sobre el mismo medio de cultivo. A partir de cultivos

puros de 4 días se realizaron tres repeticiones/caja de las cepas, en función del medio de cultivo y temperatura de incubación, usando cajas Petri de 9 cm de diámetro con 20 ml de los medios de cultivo Agar Papa Glucosado (APG 2%) y Agar Spezieller Nährstoffarmer (SNA). La caracterización de colonias y micromorfología se realizó de acuerdo a lo propuesto Samuels & Hebbbar (2015):

a) Características de las colonias y micromorfología

Radio de la colonia. Con un sacabocado estéril se cortaron discos de 3 a 5 mm de diámetro del borde de crecimiento activo de colonias de 3 a 4 días de edad en SNA (o antes de la conidiación). Un disco se colocó con el lado del micelio hacia abajo 10-15 mm desde el borde de la placa Petri. Las placas se incubaron en oscuridad con la superficie de la colonia hacia arriba. El radio, expresado en milímetros, representa la mayor longitud de la colonia medida desde el exterior del disco de inóculo hasta el punto de crecimiento más distante. Esto se repitió tres veces obteniéndose los valores medios.

Características de la colonia. Los caracteres de las colonias y los patrones de conidiación se determinaron a partir de colonias incubadas 7 días a 25°C con un régimen de 12 h luz/oscuridad. Los caracteres incluyen distribución de conidios en colonias en PDA 2% y SNA, presencia de pigmentación en el reverso de colonia (generalmente amarillo cuando está presente), color de los conidios y presencia de olor a coco en PDA 2% (6-pentil-Ci-pirona, 6-PAP).

Micromorfología. Se partió de cultivos en SNA incubados a 25 °C con alternancia de 12 h luz/oscuridad de 96 h. El montaje para microscopía se realizó en KOH 3% (acuoso), con lo cual se obtienen preparados planos. Se utilizó un microscopio Marca EAKINS acoplado a cámara digital genérica de 51mp y anexada a un equipo informático con software S-EYE 1.4.7.558 del 2017. Todas las mediciones se redujeron a valores medios, producto de un mínimo de 30 mediciones individuales.

2. Caracterización molecular

A partir de cultivos de siete días en medio líquido extracto de malta 1,27% (p/v), se realizó la extracción de ADN utilizando el kit Easy Pure[®] Genomic DNA Kit (EE 101) de la empresa Transgen Biotech Co., LTD siguiendo las indicaciones del fabricante. Se amplificó la región ITS1-5,8S-ITS2 del ADN ribosómico utilizando los cebadores ITS1 e ITS4 descritos por White *et al.* (1990). La PCR se realizó en un volumen final de 20 ul conteniendo Buffer 1X, cloruro de magnesio 2,5 Mm, dNTPs 200 uM, pmoM de cada cebador, Taq polimerasa 0,5 U, utilizando un ciclado compuesto por una desnaturalización inicial de 4 minutos a 94°C y 35 ciclos de 40 s a 94°C, 40 s a 52°C y 40 s a 72 °C, con una extensión final de 4 min a 72°C. Para lo cual se utilizó un termociclador Hangzhou Bioer Technology CO (GeneProThermal Cyler, modelo TC-E-48D, B-48D). Los productos amplificados fueron evaluados en geles de agarosa al 1,5% y secuenciados utilizando el servicio de Macrogen (Korea). Posteriormente fueron analizados con el programa Geneious 9.1.5 (Kearse *et al.*, 2012). Las secuencias fueron contrastadas contra la base de datos moleculares del National Center for Biotechnology Information-NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) usando la herramienta BLASTn y la base de datos molecular secundaria del TrichoKey (<http://www.isth.info/tools/molkey/>), utilizando la herramienta TrichoBLAST.

Cebadores utilizados (White *et al.*, 1990)

Nombre	Secuencia	Tm	Longitud
ITS1 (S)	5'-TCCgTAggTgAACCTgCgg	64.48	19
ITS4 (As)	5'-TCCTCCgCTTATTgATATgC	58.35	20

S: sentido; As: antisentido

Para la determinación de la relación filogenética de las cepas, las secuencias se analizaron usando MEGA6, BLASn, BioEdit y CLUSTAL W, antes de la construcción del árbol. El análisis filogenético fue llevado a cabo usando el programa TNT y MEGAS 6. En ambos casos los gaps (indels) fueron tratados como un quinto estado ya que representan eventos de inserción-delección. El análisis de secuencias (10) en la base de datos del NCBI incluyo *T. asperelloides* y *Aspergillus flavus* (KX463034) como outgroups o grupo externo. El set de datos fue reducido, en la búsqueda heurística, se implementó 100RAS, guardando un árbol TBR. Para evaluar el soporte de la identificación de grupos, se realizaron análisis de parsimonia de Jack-knifing y bootstrap. El análisis de Jack-knife incluye 1000 matrices remuestreadas. Se realizó 100 ciclos de RAS+TBR para TNT. Con MEGA se utilizó el Maximun Likelihood y el modelo que permite inferir el análisis filogenético (Jukes y Cantor, 1969).

3. Compatibilidad vegetativa

La compatibilidad vegetativa entre las cepas se evaluó siguiendo la metodología descrita por Moo Koh *et al.* (2018), empleando la cepa de referencia T72: *T. harzianum* conservada en el cepario de la cátedra de Fitopatología. Se realizaron tres réplicas de cada combinación de enfrentamiento entre cepas. Para ello, un disco de colonia de 5 mm de diámetro de una cepa, se sembró frente a otro a una distancia de 70 mm, en placas Petri de 90 mm de diámetro con medio PDA 2%. Posteriormente, las placas se incubaron bajo oscuridad constante a 28°C y se evaluaron a las 72 h. La evaluación de las interacciones se realizó macroscópicamente y la compatibilidad de los aislamientos se determinó, según el tipo de reacción entre ellos: 1) Incompatible: formación de una línea sin crecimiento evidente en la zona de contacto entre las colonias, normalmente coloreada o pigmentada o cuando un aislado sobrecrece al otro; 2) Compatible: no se observa formación de línea en la zona de interacción después del contacto entre las colonias, aparentando una sola colonia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización macro y microscópica

Los aislados de *Trichoderma* mostraron las siguientes características generales: rápido crecimiento con formación de pústulas tanto en el medio SNA como APG 2%, sin producción de pigmentos amarillos u olor particular. Las tres cepas presentaron hifas hialinas septadas, conidióforos hialinos del tipo piramidal, presencia de fiálides langeriformes y ampuliformes de acuerdo a la disposición de las mismas en el conidióforo, conidios verdes ovalados a globosos, con una tenue ornamentación (aumento 1000X), al quinto día se observó el desarrollo de clamidosporas. De acuerdo a las características macro y micro morfológicas las tres cepas se ubican en el Clado Viride. No obstante, los aislados entre sí, presentaron diferencias, evidenciándose variabilidad (Tabla N° 2).

Tabla 2: Parámetros macro y micro morfológicos de las cepas de *Trichoderma*.

Parámetro/Cepas	T1		T15		T16	
	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
Temp. de incubación	25°C	35°C	25°C	35°C	25°C	35°C
Radio de colonia (promedio en mm) SNA (*)	46	14	45	16.7	43.3	13.7
Radio de colonia (promedio en mm) APA (*)	62.7	17.3	64.7	23	63.3	21
Pigmentación SNA (**)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Pigmentación APG (**)	(-)	Borde ocre	(-)	Borde ocre	(-)	Borde ocre
Olor SNA (**)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Olor APG (**)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Pústulas SNA (**)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Pústulas APG (**) Tapizan rápidamente la superficie de la caja de Petri de 90mm	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Dimensión de conidios (promedio en μm) (***)	Ancho 2.9 Largo 3.4 L/W: 1.2		Ancho 2.6 Largo 3.3 L/W: 1.2		Ancho 2.5 Largo 3.3 L/W: 1.2	
Morfología/ Ornament. conidial (***)	Elipsoidales a oblongos		Elipsoidales a oblongos		Elipsoidales a oblongos	
Tipo de ramificación de conidióforos (***)	Piramidal		Piramidal		Piramidal	
Pelos estériles (***)	Ausentes		Ausentes		Ausentes	
Disposición de fialides (***)	Verticilos de 2-3 fialides, a veces solitarias		Verticilos de 3 y 4 fialides		Verticilos de 2,3 y 4 fialides	
Forma de fialides (***)	Fialides langeriformes y ampuliformes integradas		Fialides langeriformes y ampuliformes integradas		Fialides langeriformes y ampuliformes integradas	
Dimensión de fialides Langeriforme (predom.) (promedio en μm) (***)	Ancho 2.3 Largo 8.4 L/W: 3.6		Ancho 2.6 Largo 8.5 L/W: 3.2		Ancho 2.9 Largo 8.6 L/W: 2.9	
Ancho de célula soporte de fialide (promedio en μm) (***)	2.9		2.6		2.8	
Relación entre el largo de la fialide y ancho de célula soporte (***)	2.9		3.2		3.0	
Relación entre el ancho de la fialide y ancho de célula soporte (***)	0.8		1		1	
Dimensión y forma de clamidosporas (promedio en μm) (****)	10.3 x 9.9 Solitarias subglobosas terminales		11.0 x 9.24 Solitarias subglobosas terminales		9.2 x 8.4 Solitarias subglobosas terminales	

(*) Cultivos de 4 días; (**) Cultivos de 7 días; (***) Observaciones a partir de cultivos de 4 días a 25 °C en SNA; (****) Presentes en cultivos de 5° días a 25 °C en SNA.

De acuerdo a las características culturales y la micromorfología, las tres cepas presentan características comunes a las descritas para la especie *T. asperellum*. Sobre esta especie Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg (1999) sostienen evidencias de que dos especies diferentes fueron llamadas *T. viride*, una de las cuales es el estado asexual de *Hypocrea rufa* y la otra correspondía a una especie no descrita. En su trabajo se describe una especie *T. viride* "real" y a la otra especie se le asigna la denominación de *T. asperellum*. La nueva especie se distingue de *T. viride* por una ornamentación conidial más fina, conidios ligeramente ovoides, una tasa de crecimiento más rápida, ramificaciones generalmente de a pares, fiálides langeriformes principalmente donde hay mayor distancia entre ramas fértiles, y cuando ésta es corta tiene forma ampuliforme y presencia constante de clamidosporas Samuels & Hebbbar (2015). Samuels et al. (2009, 2010 y 2015) describen los caracteres morfológicos de *T. asperellum*, correspondiendo a las observadas en T1, T15 y T16 (Tabla N° 2 y Figuras N° 1, 2 y 3).

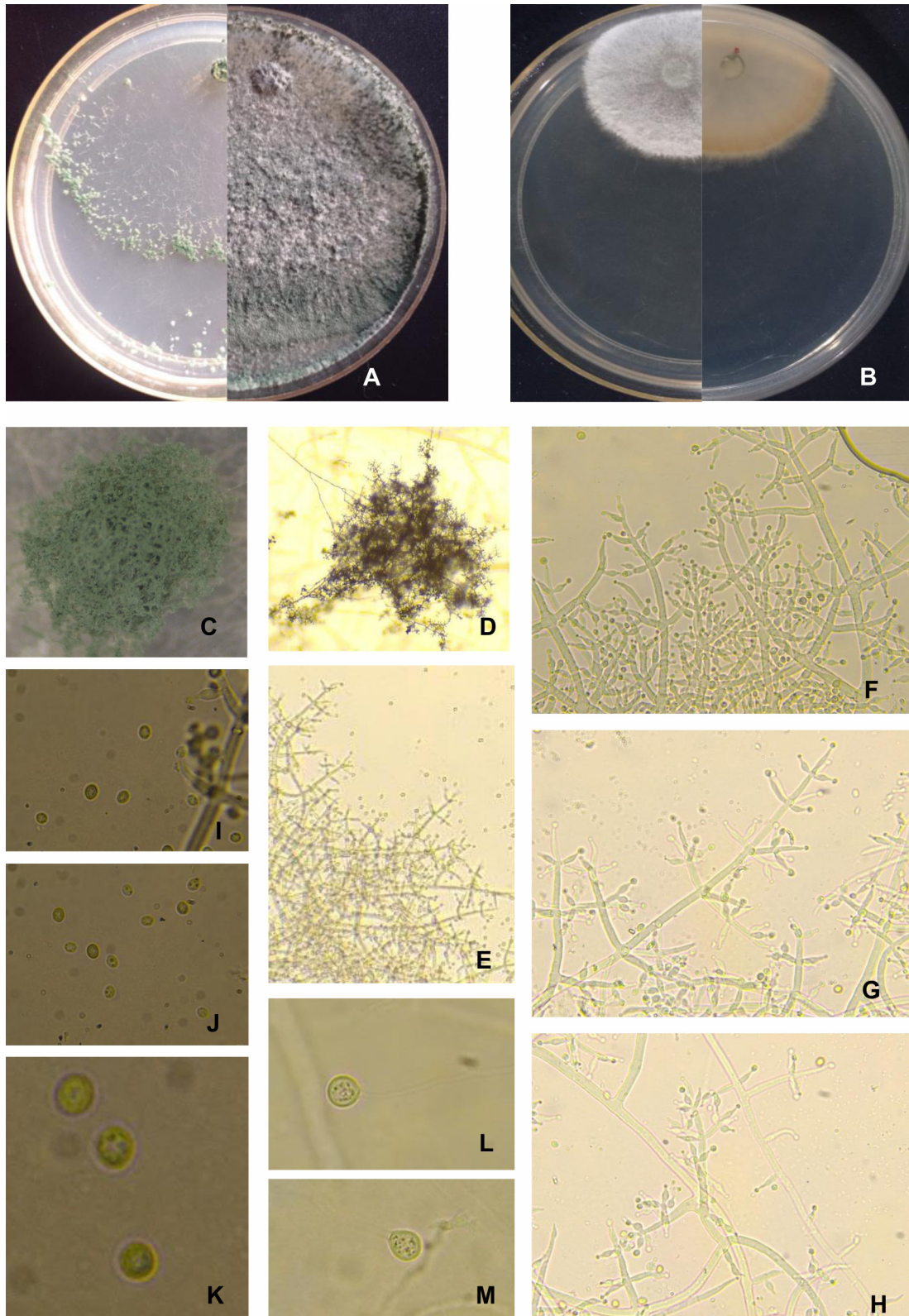


Figura 1: T1 *Trichoderma asperellum*. **A.** Colonia de 7 días 25°C SNA/APG, **B.** Colonia de 7 días APG 35°C haz y envés (nótese pigmentación amarilla/ocre en el margen de crecimiento). **C-D.** Pústulas conidiales (nótese la proyección de los conidióforos), **E-H.** Conidióforos verticilados, fiálides verticiladas (nótese en H presencia de fiálides solitarias); **I-K.** Conidios (nótese la tenue ornamentación); **L-M.** Clamidosporas.

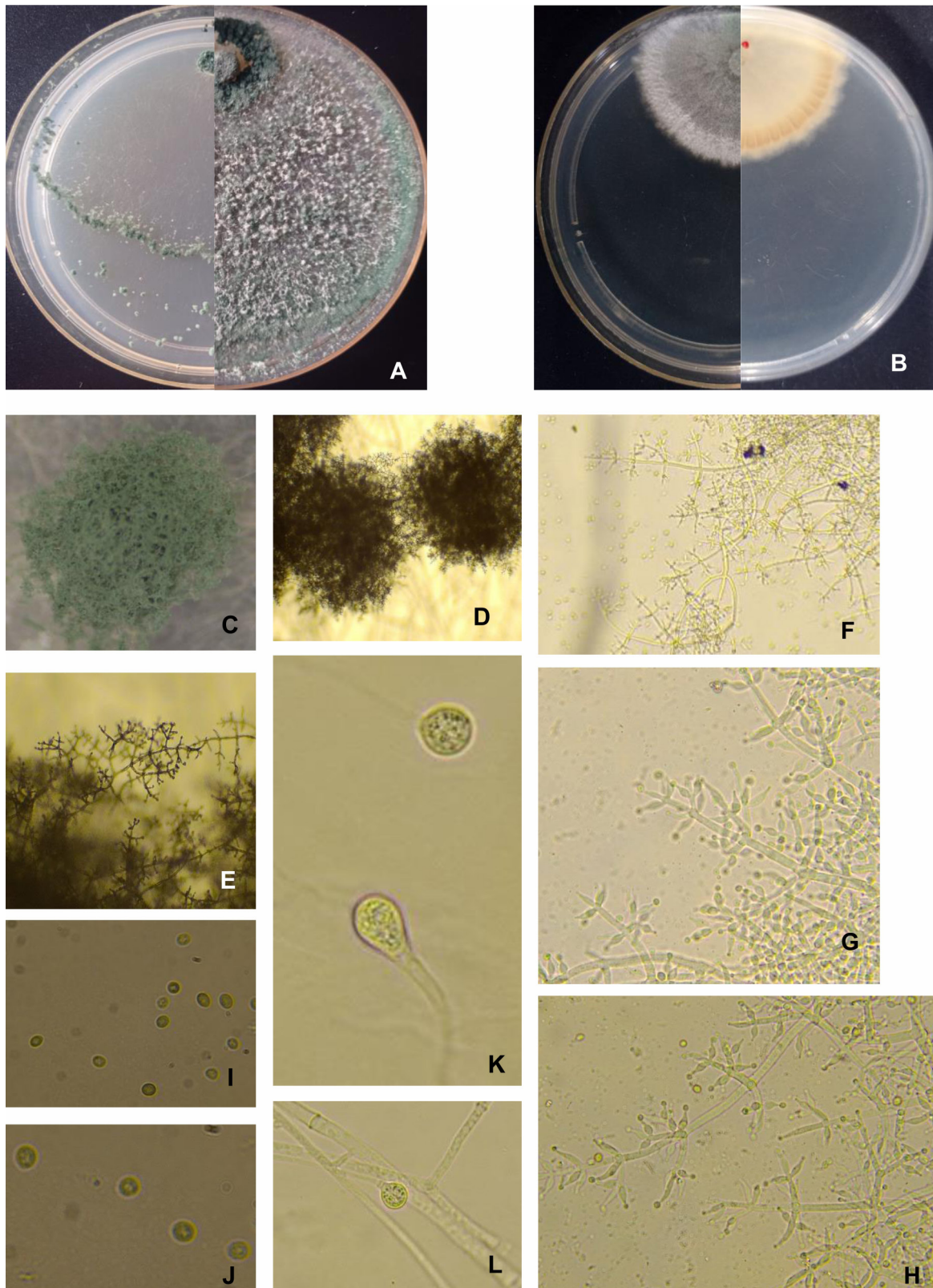


Figura 2: T15 *Trichoderma asperellum*. **A.** Colonia de 7 días 25°C SNA/AGP, **B.** Colonia de 7 días APG 35°C haz y envés (nótese pigmentación amarilla/ocre en el margen de crecimiento); **C-E.** Pústulas conidiales (nótese la proyección de los conidióforos), **F-H.** Conidióforos verticilados, fiálides verticiladas; **I-J.** Conidios (nótese la tenue ornamentación); **K-L.** Clamidosporas.

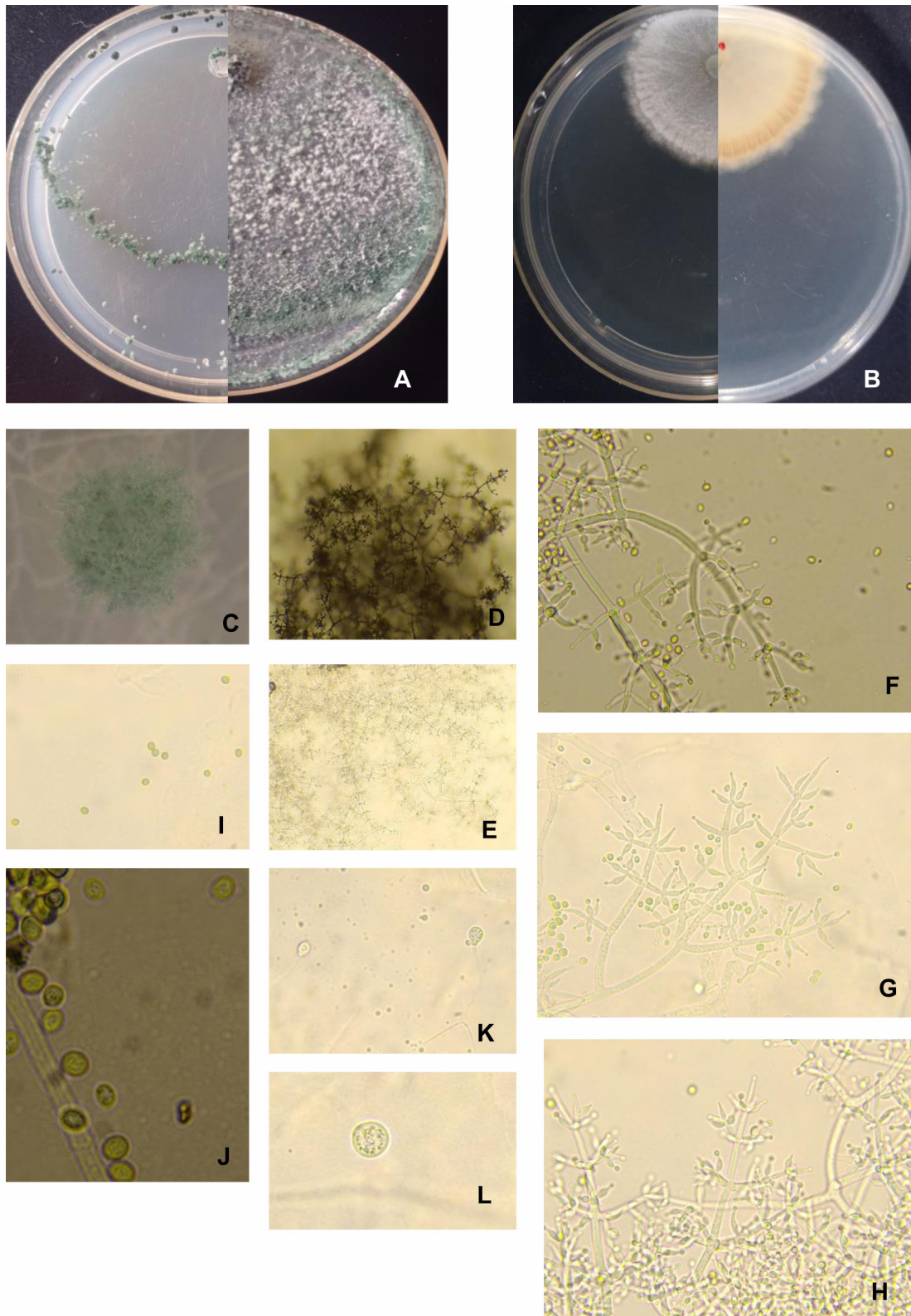


Figura 3: T16 *Trichoderma asperellum*. **A.** Colonia de 7 días 25°C SNA/AGP, **B.** Colonia de 7 días APG 35°C haz y envés (nótese pigmentación amarilla/ocre en el margen de crecimiento); **C-D.** Pústulas conidiales (nótese la proyección de los conidióforos sin pelos estériles), **E-F-G-H.** Conidióforos verticilados, fiálides verticiladas; **I-J.** Conidios (nótese la tenue ornamentación); **K-L.** Clamidosporas.

2. Caracterización molecular

La secuencia nucleotídica del aislado T1 presentó identidad con secuencias reportadas de *T. asperellum* y *T. asperelloides*. La secuencia nucleotídica del aislado T15 identidad con secuencias reportadas de *T. asperelloides* y la secuencia del aislado T16 con secuencias reportadas de *T. asperellum* y *T. asperelloides*. En la Tabla N° 3 se muestran los resultados del contraste en las bases de datos NCBI y TrichOkey. Samuels, Ismaniel, Bon, De Respinis & Petrini (2010), relaciona a las especies *T. asperellum* y *T. asperelloides* como especies hermanas crípticas, en donde la separación entre ambas especies aún está poco clara. Las secuencias de T1, T15 y T16 se subieron en base de datos del NCBI, GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>).

Tabla N° 3: Análisis molecular y bioinformático de las secuencias nucleotídicas de T1, T15 y T16

Aislamiento		Resultados del análisis mediante PCR-Secuenciación		
	Secuencia en análisis	Base de datos primaria NCBI	Base de datos curada TrichOkey	Nombre científico final
T 1	ITS 1	<i>T. asperellum</i> (KT426889)	<i>T. asperelloides</i>	<i>T. asperelloides</i> / <i>T. asperellumn s.s.</i>
	ITS 4	<i>T. asperellum</i> (KM386427)	<i>T. asperellumn s.s.</i> <i>T. asperelloides</i>	
T 15	ITS 1	-	-	<i>T. asperelloides</i>
	ITS 4	<i>T. viride</i> (KP7663495)	<i>T. asperelloides</i>	
T16	ITS 1	<i>T. asperellum</i> (KT426889)	<i>T. asperelloides</i>	<i>T. asperelloides</i>
	ITS 4	<i>T. asperellum</i> (KM100785)	<i>T. asperelloides</i>	

Determinación de la relación filogenética de las cepas:

El análisis con TNT arrojó dos tipologías de árbol resultante de 991, los cuales mostraron que las cepas *T. asperelloides* LF1 y *T. asperelloides* LF3 formaron un clado monofilético estrechamente relacionada, con un alto soporte Jackknifing y bootstrap del 100%, las cepas de *T. asperelloides*; LF4 estableció relación, con cepas de *T. asperellum* un alto soporte Jackknifing y bootstrap del 100% de ambos (Figura N° 4).

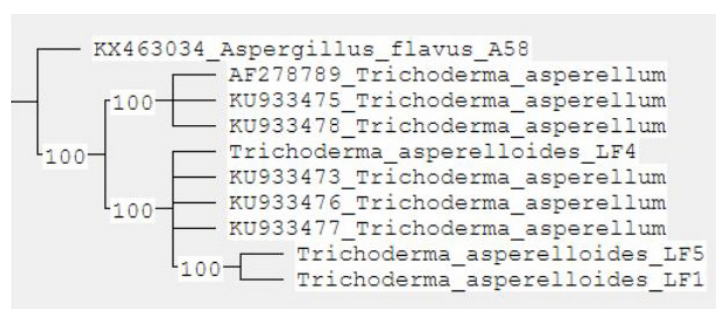


Figura 4: Relación filogenética entre cepas de las regiones ITS de 5.8S del ADNr, el grupo soporte fue evaluado usando 1000 replicaciones, bootstrapping and parsimonia de Jack-knifing.

El análisis de identificación molecular de la región ITS y el análisis bio-informático de porcentaje de identidad en referencia a las secuencias depositadas en la base de datos moleculares permitieron designar al aislamiento T1 como perteneciente a las especies crípticas *T. asperelloides*/*T. asperellum*; y a los aislados T15 y T16 como pertenecientes a la especie *T. asperelloides*. Las tres cepas de *T. asperelloides* aisladas mostraron una relación filogenética alejada de otras cepas de *T. asperellum* cuando se analizaron con MEGAS6. El análisis de TNT agrupa a *T. asperelloides* con cepas de *T. asperellum* debido a que su relación todavía es poco clara. En éste sentido, Samuel *et al.*, (2010) plantea que aún la diferenciación morfológica de ambas especies no es posible. Las cepas de *T. asperellum* y *T. asperelloides* son reportadas en la literatura para el control biológico como *T. asperellum* o *T. viride* (Samuels *et al.*, 2010). Los autores realizaron el análisis de una colección mundial de cepas de *T. asperellum* en sentido amplio utilizando genealogías multilocus de cuatro regiones genómicas (*tef1*, *rpb2*, *act*, ITS1, 2 y 5.8s rRNA), marcadores derivados de polimorfismos de secuencia (SPD), espectrometría de masas de tiempo de vuelo de desorción/ionización láser asistida por matriz (MALDI-TOF MS) del proteoma y técnicas micológicas clásicas, lo que reveló dos cripto especies morfológicamente hermanas dentro de *T. asperellum*; *T. asperellum*, *T. asperelloides* sp. nov. y una tercera especie estrechamente relacionada pero morfológicamente distinta *T. yunnanense*. *T. asperellum* y *T. asperelloides* tienen una amplia distribución en múltiples continentes; *T. yunnanense* está representada por una sola cepa de China. Varias cepas reportadas en la literatura o representadas en GenBank como *T. asperellum* se reidentificaron como *T. asperelloides*. La diversidad de secuencias de ADN, marcadores SPD y polipéptidos en *T. asperellum* sugiere que se está produciendo una mayor especiación dentro de *T. asperellum*. Los dos clados que representan la especie morfológica *T. asperellum* no se pueden distinguir por las dimensiones de los conidios y/o fiálides, la configuración de los conidióforos, la producción de clamidosporas y la tasa de crecimiento o apariencia de la colonia. La mayoría de las cepas estudiadas del complejo de *T. asperellum* fueron aislados de suelos agrícolas en países de zonas tropicales de los cinco continentes. *T. asperellum* es más común que *T. asperelloides* (Samuels *et al.*, 2010). En este sentido tanto las dos cepas aisladas de suelo agrícolas de la puna jujeña, como la cepa aislada del suelo de la quebrada de Humahuaca evidenciaron pequeñas variantes en cuanto a las dimensiones de las estructuras reproductivas y vegetativas, con características culturales muy semejantes, agrupándose por ello en una misma especie *T. asperellum*. Samuels *et al.*, (2010) plantean que *T. asperellum* y *T. asperelloides* son entre las pocas especies comunes de Trichoderma para las cuales no se conoce ningún teleomorfo, al analizar *T. asperelloides* se verifica que es mucho menos diversa que *T. asperellum*, por lo que posiblemente deriva de ésta. La diversidad para *T. asperellum* sugiere recombinación, mientras que *T. asperelloides* parece ser clonal. la nueva caracterización de *T. viride* y la descripción de *T. asperellum*; y de *T. asperelloides* como nueva especie (Samuels *et al.*, 2010)

3. Compatibilidad vegetativa

La cepa de referencia de *T. harzianum* (T72) evidenció una clara reacción de incompatibilidad frente a T1, T15 y T16 (Figura N°6), determinada por la presencia de una barrera de inhibición (cambio de coloración en las colonias - metabolitos difusibles al medio). Barcellos *et al.*, (2011) sostienen que la reacción de incompatibilidad se rige por un *loci het*, que limita la formación de heterocariones entre individuos genéticamente distintos. Es decir, si la diferencia es en uno o más *loci het*, las células que participan en la fusión son compartimentadas y se someten a un proceso lítico que conduce a la muerte celular. En estos casos los aislados son incompatibles; el fenómeno se identifica por la vacuolación, disolución de núcleos y generación de pigmentos, lo que se describió como barrera de reacción (Galdames, 2001). Por otra parte, en las interacciones de las cepas T1, T15 y T16 se observaron reacciones de compatibilidad (Figura N° 5).

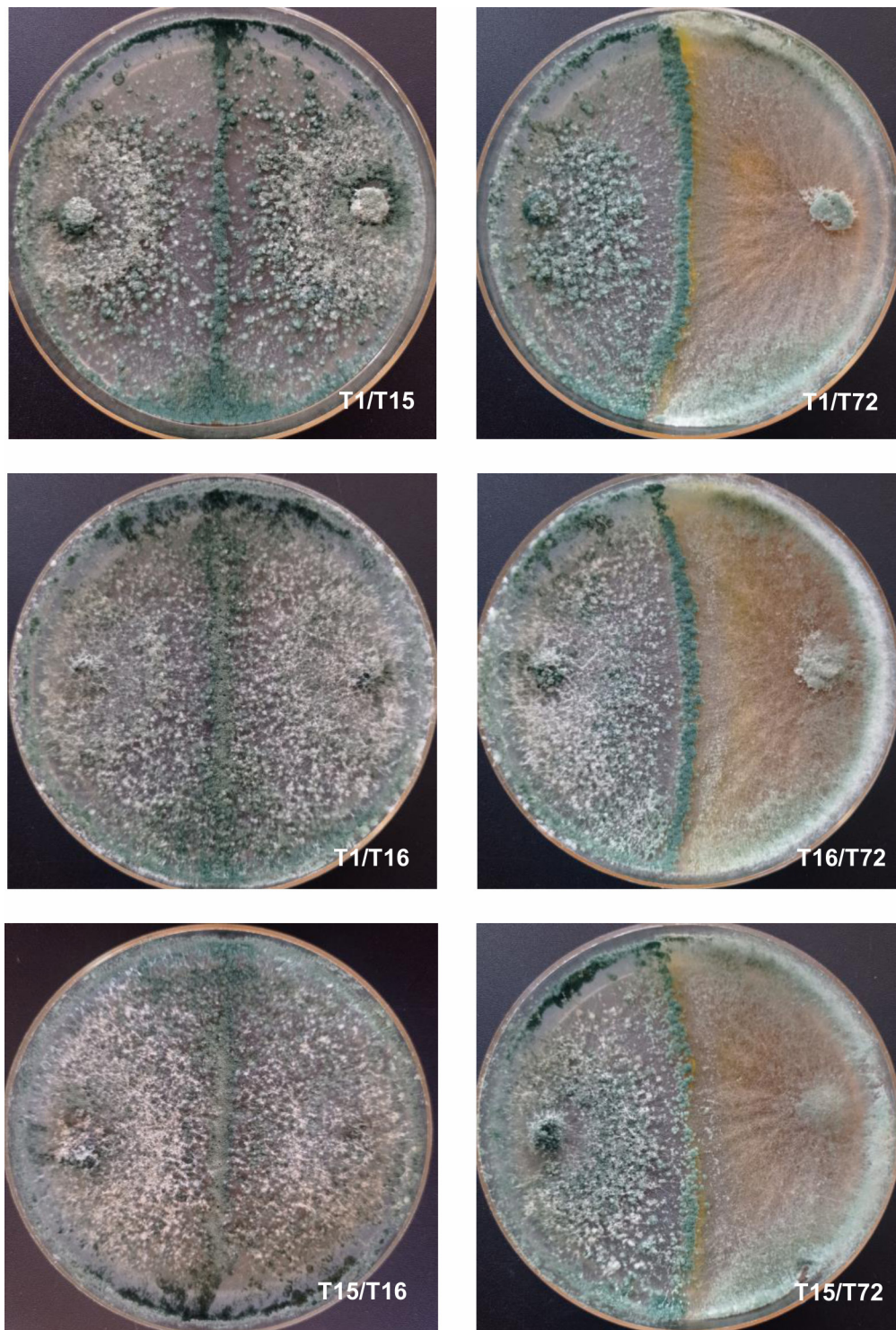


Figura 5: Reacciones de compatibilidad entre T1/T15; T1/T16 y T15/T16 y reacciones de incompatibilidad entre las cepas T1, T15 y T16 y la cepa de referencia *T. harzianum* (72), nótese la barrera de inhibición y cambio de coloración del medio por la producción de T72 de metabolitos difusibles.

Teniendo en cuenta la compatibilidad vegetativa (Cv) que mostraron los aislamientos en estudio, se puede inferir, que estos tienen relación taxonómica. Cook y Baker (1983) utilizaron esta técnica para confirmar la identificación taxonómica de aislados de *Trichoderma* realizada previamente por ellos, a partir de aspectos morfológicos. En el mismo sentido Galdames (2001), planteó que la Cv puede ser considerada como un criterio de clasificación de las especies del género *Trichoderma*, basados en la consistencia de los resultados al comparar el agrupamiento obtenido entre 21 cepas de *Trichoderma* sp. por técnicas moleculares (RAPD y AFLPs) y la Cv. De forma general, esta prueba demuestra que cepas de

una misma especie comparten patrones similares de compatibilidad, lo que se reduce entre especies más alejadas. Por tal motivo, puede ser considerada como una alternativa, simple y rápida para valorar la especie a que pertenece un nuevo aislado. Las pruebas de CV resultan muy prácticas por sus implicancias en la formulación de productos biológicos utilizando consorcios de especies ya que la presencia de incompatibilidad vegetativa, conlleva la inhibición de alguno de los microorganismos (Moo Koh et al., 2018; Gallegos-Morales et al., 2022).

CONCLUSIÓN

La caracterización macro y micromorfológica de T1, T15 y T16 mostró correspondencia taxonómica con la especie *Trichoderma asperellum* del clado Viridie. La caracterización molecular permitió diferenciar entre T1 *Trichoderma asperelloides* /*T. asperellum* y T15 y T16 *Trichoderma asperelloides*. En tanto la compatibilidad somática o vegetativa evidenció la cercanía genética entre las cepas, con patrones similares de compatibilidad, resultando una prueba complementaria a las anteriores, donde indirectamente se verifican las relaciones genéticas cercanas entre especies y/o cepas. La caracterización de cepas de *Trichoderma*, representa un requisito insoslayable para futuros trabajos vinculados al desarrollo de productos biotecnológicos orientados al manejo sanitario y/o nutricional de cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Barcellos, F.G., Hungria, M. & Pizzirani-Kleiner, A. 2011. Limited Vegetative Compatibility as a cause of Somatic Recombination in *Trichoderma pseudokoningii*. *Brazilian Journal of Microbiology*. 42: 1625-1637
- Bissett J. A. 1984. Revision of the genus *Trichoderma*. I. Section Longibrachiatum sect. nov. *Can J Bot.*: 62:924-931.
- Bissett J. A. 1991a. Revision of the genus *Trichoderma*. II. Infrageneric classification. *Can J Bot.*; 69 (11): 2 357-72.
- Bissett J. A. 1991b Revision of the genus *Trichoderma*. III. Section Pachybasium. *Can J Bot.*; 69 (11): 2 373-417.
- Bissett J, A. 1991c. Revision of the genus *Trichoderma*. IV. Additional notes on section Longibrachiatum. *Can J Bot.*: 69: 2418-2420
- Druzhinina I, Kopchinskiy A & Kubicek C. 2006. The first 100 *Trichoderma* species characterized by molecular data. *Mycoscience*; 47: 55-64.
- Galdames, R. 2001. Análisis genético-molecular de la diversidad del hongo patógeno *Sclerotium cepivorum* Berk., y del biocontrolador *Trichoderma* sp. Tesis Doctoral Biotecnología de Plantas. Irapuato, Gto, México.
- Moo Koh, F.A., Alejo, J.C., Ramírez, A.R., Suárez, J.T., Angulo, G. & Islas- Flores, I.R. 2018. Incompatibilidad interespecífica de especies de *Trichoderma* contra *Meloidogyne incognita* en *Solanum lycopersicum*. *Scientia Fungorum*. 47: 37-45
- Ortuño, N.C. & Miranda, M.C. 2013. Selección de cepas de *Trichoderma* sp. generadoras de metabolitos secundarios de interés para su uso como promotor de crecimiento en plantas cultivadas. *Journal Selva Andina Biosphere*. 1: 16-4.
- Persoon CH. 1794. *Disposita methodica fungorum*. Römer's Neues. *Mag Bot.*; 1:81-128.

- Rifai M. A. 1969. Revision of the genus *Trichoderma*. Mycol Pap.;116:1-56.
- Samuels G, Ismaniel A, Bon M, De Respini S & Petrini O. 2010. *Trichoderma asperellum* sensu lato consists of two cryptic species. Mycologia.; 102: 944-966.
- Samuels G, Lieckfeldt E & Nirenberg H. 1999. *Trichoderma asperellum*, a new species with warted conidia, and redescription of *Trichoderma viride*. Sydowia.; 51(1): 71-88
- Samuels G, Petrini O, Kuhls K, Lieckfeldt, E & Kubicek, C. 1998. The *Hypocrea schweinitzii* complex and *Trichoderma* sect. *Longibrachiatum*. Stud Mycol.; 41: 2-54
- Samuels, G. J. & Hebbbar, P. K. 2015. *Trichoderma*: identification and agricultural applications. APS Press: 196.
- Sivila N. F., Álvarez S. E., Catacata J. R. & Bonillo M. C. 2017. Antagonismo de cepas de *Trichoderma* spp. provenientes de suelos de Jujuy, sobre los fitopatógenos *Fusarium* spp., *Sclerotium* spp. y *Rhizoctonia solani*. Agraria Vol X N° 17: 49-53.

ESTUDIO DE ÁCIDO OLEANÓLICO Y SAPONINAS TOTALES EN QUINUA CULTIVADAS EN LA PROVINCIA DE JUJUY

STUDY OF OLEANOLIC ACID AND TOTAL SAPONINS IN QUINOA CULTIVATED IN THE PROVINCE OF JUJUY

Cristina del Valle Castillo^{1*}, Daniela Alejandra Choque¹, Virginia Beatriz Castro¹, Darío Castro², Alejandra Eunice, Romero¹ y Natalia María Elisa Ávila Carreras¹

¹Laboratorio de Investigación de Química Aplicada INQA. Facultad de Ciencias Agrarias UNJu. Alberdi N° 47, San Salvador de Jujuy, Jujuy. CP 4600. Tel: 0388-4221553

²INTA E.E.A: Abra Pampa Ruta Pcial. Nro. 11 Km. 17 - Miraflores de la Candelaria Abra Pampa - Pcia. de Jujuy (4640) Tel. 03887- 491710 - 491714

*Autor para correspondencia:
cristinacastillo@fca.unju.edu.ar

RESUMEN

Período de Publicación:
Diciembre 2023

Historial:
Recibido: 22/09/2023
Aceptado: 21/11/2023

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es uno de los cultivos nativos más antiguos de América del Sur y se destaca por su elevado valor nutricional. Se considera como pseudo-cereal debido a su alto contenido de almidón. Uno de los aspectos toxicológicos y antinutricionales a tener en cuenta en las quinuas, son las saponinas, responsables del sabor amargo, de la capacidad de formación de espumas y de su poder hemolítico. La DL50 según la U.S Environmental Protection Agency es > 5.000 mg/Kg. En el ser humano, cuando se consumen en grandes cantidades el efecto por vía oral puede provocar irritación gástrica, náuseas, vómitos, falta de absorción de nutrientes, entre otros síntomas, aunque según la FAO sigue en discusión estos y otros efectos sobre el ser humano. Son muy tóxicas en animales de sangre fría y de respiración branquial, sin embargo, su efecto dañino en animales superiores es variable, en monogástricos pueden tener un efecto perjudicial sobre el crecimiento y el rendimiento. El objetivo fue clasificar las quinuas en dulces y amargas, a través del estudio de la concentración de ácido oleanólico (AO), saponina mayoritaria, como compuesto tóxico antinutricional en las quinuas más cultivadas en la Provincia de Jujuy, destinada a la alimentación humana y de ganado. Los resultados muestran que las quinuas presentaron valores entre 22,17 a 45,57 mg/Kg de AO y de 37,73 a 111,15 mg/Kg de saponinas totales, sin hallar diferencias significativas entre las distintas poblaciones, clasificando todas como dulces. Los resultados indican que las quinuas seleccionadas en este estudio y cultivadas en la Puna, presentan bajas concentraciones de ácido oleanólico y saponinas totales, sin significar un riesgo toxicológico para el consumo humano ni animal, favoreciendo la absorción de nutrientes y el proceso de escarificado.

Palabras clave: saponinas, quinuas, ácido oleanólico, clasificación

SUMMARY

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is one of the oldest native crops in South America and stands out for its high nutritional value. It is considered a pseudocereal due to its high starch content. One of the toxicological and anti-nutritional aspects to take into account in quinoas are saponins, responsible for the bitter taste, the ability to form foam and its hemolytic power. The LD50 according to the US Environmental Protection Agency is > 5,000 mg/Kg. In humans, when consumed in large quantities, the oral effect can cause gastric irritation, nausea, vomiting, lack of absorption of nutrients, among other symptoms, although according to the FAO these and other effects on humans are still under discussion. They are very toxic in cold-blooded and gill-breathing animals, however, their harmful effect in higher animals is variable; in monogastric animals they can have a detrimental effect on growth and performance. The objective was to classify quinoas as sweet and bitter, through the study of the concentration of oleanolic acid (OA), major saponin, as a toxic anti-nutritional compound in the most cultivated quinoas in the Province of Jujuy, intended for human and livestock consumption. The results show that the quinoas presented values between 22.17 to 45.57 mg/Kg of OA and from 37.73 to 111.15 mg/Kg of total saponins, without finding significant differences between the different populations, classifying all as sweet. The results indicate that the quinoas selected in this study and grown in the Puna, have low concentrations of oleanolic acid and total saponins, without posing a toxicological risk for human or animal consumption, favoring the absorption of nutrients and the scarification process.

Keywords: saponins, quinoas, oleanolic acid, classification

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia Amaranthaceae (García-Parra, Plazas Leguizamón, Carvajal Rodríguez, Ferreira Torrado & Parra, 2018; Medina -Meza, Nicole, Aluwi, Saunders, & Ganjyal, 2016), es uno de los cultivos nativos más antiguos (7000 años) de la región andina de América del Sur. Se ha considerado como un pseudo-cereal al no pertenecer a la familia de las gramíneas, en las que se ubican los cereales tradicionales (trigo, arroz, cebada, maíz, avena entre otros), pero debido a su alto contenido de almidón sus usos típicos (elaboración de panificados y farináceos) (Lin et al., 2019), se asemejan a estos cereales (Ahumada, Ortega, Chito & Benítez, 2016). Es un cultivo originario de Perú, Bolivia y con los años se ha expandido en varios países de América del Sur como Colombia, Ecuador, Chile y Argentina. Sin embargo, su favorable adaptabilidad edafológica y climática (sequía, heladas, granizo, nevadas, vientos, calor, salinidad, entre otras) ha permitido ampliar las zonas de cultivo (Pulido Suárez, Escobar & Rodríguez Molano, 2019; Ahumada et al., 2016) en países potencialmente productivos de Europa, Asia, África y Oceanía. En Argentina se cultiva principalmente en las provincias de Jujuy y Salta y es considerado un excelente alimento para humanos (Choque, Larico, Mamaní & Canaza-Cayo, 2018) y ganado, por su importante valor nutricional debido al alto contenido en proteínas, aminoácidos esenciales tales como lisina y metionina (Ahumada et al., 2016), vitaminas, antioxidantes y minerales (Pulido Suarez et al., 2019), en especial por su excelente digestibilidad y contenido balanceado de los nutrientes.

Sin embargo, existe un aspecto toxicológico importante a tener en cuenta en la quinua debido a la presencia de saponinas. Estos glucósidos triterpénicos, son considerados el principal factor antinutricional de la quinua, están contenidos en la cáscara, hojas, tallos y raíces (El Hazzam et al., 2020) y son los responsables del sabor amargo (Ahumada et al., 2016), de la capacidad de formación de espumas y de su poder hemolítico, por ello la importancia del escarificado del grano, en donde se concentra la mayor concentración de saponina. La DL50 según la U.S Environmental Protection Agency es mayor de 5.000 mg/Kg, es decir, tienen baja capacidad para producir toxicidad aguda (Gianna, 2013), las saponinas de la alfalfa (*Medicago sativa*) o de las semillas de nequilla (*Agrostem magithago*) son altamente tóxicas; sin embargo, las saponinas de soya son inofensivas (Lindner, 1995). En el ser humano el efecto por vía oral aún está en discusión (Castillo, Choque, Wierna, Ruggeri, Romero & Ávila Carreras Natalia, 2021). Esta toxicidad diferenciada con respecto a diversos organismos, ha permitido su uso como insecticida natural sin efectos adversos sobre animales superiores y humanos (Kozioł, 1991). Su toxicidad está relacionada con su actividad para bajar la tensión superficial haciéndolas altamente tóxicas en animales de sangre fría y de respiración branquial, sin embargo, su efecto dañino en animales superiores es variable (Troisi et al., 2013; Valle Vega et al., 2000). Por ejemplo, pueden tener un efecto perjudicial sobre el crecimiento y el rendimiento de los animales monogástricos que utilizan la quinua como su principal fuente de energía alimentaria (El Hazzam et al., 2020). Existen evidencias que las saponinas estimulan las células epiteliales y modifican el ambiente intestinal en algunos mamíferos monogástricos, provocando daño intestinal, afectando así la función digestiva, esto se puede asociar al desequilibrio de la microbiota intestinal causado por cambios en la metabólica, lo que se requiere seguir siendo estudiado (Zhang et al., 2022). Otros estudios nutricionales *in vivo* realizados en ratas, revelaron que los animales alimentados con dietas que incluyeron quinua no lavada mostraron alteraciones en el crecimiento debido a la digestión de estos alimentos, impidiendo así su completa asimilación (Gianna, 2013). Sin embargo, en animales rumiantes (poligástricos), que la consumen en forma de forraje o ensilaje, la presencia de saponinas ejerce un control de los parásitos internos (García-Zanabria, Dávalos-Merino & Ríos-Rivera, 2021; González, Guillermo, Bruno & Prado, 2016).

Algunas investigaciones indican que la concentración de saponinas se incrementa durante la floración mientras que resulta menor durante la ramificación y panojamiento (Ahumada et al., 2016). Los niveles de saponinas de las semillas de quinua también se han implicado en la reducción de la ganancia de peso y consumo de alimento en animales de granja afectando el rendimiento de producción. Se realizaron ensayos incluyendo semillas enteras de quinua en la alimentación de pollos de engorde (entre 100 y 400 g de semilla/kg peso del animal), los resultados mostraron una significativa disminución en el crecimiento (Ahumada et al., 2016). Jacobsen, Hill & Stølen, 1996 detectaron que la remoción de aproximadamente un 80% de saponinas por descascarillado de la semilla, mejoró la ganancia de peso en estos animales solo entre los días 6 y 13, quedando evidenciada su toxicidad. Este comportamiento se da porque las saponinas inducen un incremento en la conductancia del yeyuno, provocando una disminución en la capacidad de absorber los nutrientes para el crecimiento y desarrollo normal de los animales monogástricos (Ahumada et al., 2016).

El contenido de saponinas en este pseudocereal depende de diversos factores tales como: tipo de cultivo, edad de la planta, estado fisiológico, la localización geográfica o el órgano vegetal (Güçlü-Üstündag & Mazza, 2007). Al ser consideradas como un factor antinutricional para algunos seres vivos las saponinas deben ser eliminadas antes del consumo de la quinua. Con este fin, se mencionan varios métodos para eliminarlas de las semillas, entre estos: métodos húmedos, métodos secos y combinación de ambos (El Hazzam et al., 2020).

Las saponinas en quinua son glucósidos triterpénicos, que consisten en un esqueleto pentacíclico C30 (sapogenina) ver Figura 1. Están presentes en todas las partes de la planta (incluidas las hojas, flores, frutos y cascarilla de semillas) aunque se concentra principalmente en el exterior de las capas del grano, su concentración oscila entre el 2% y el 5% en peso seco (Medina-Meza, Nicole, Aluwi, Saunders & Ganjyal, 2016). Estos glucósidos triterpénicos se derivan de siete agliconas: ácido oleanólico, hederagenina, ácido fitoalcagénico, ácido serjánico, ácido 3 β -hidroxi-23-oxo-olean-12-en-28-oico, ácido 3 β -hidroxi-27-oxo-

olean-12-en-28-oico, y ácido $3\beta,23\alpha,30\beta$ -trihidroxi-olean-12-en-28-oico siendo las estructuras principales las primeras cuatro (Zhu et al., 2002), mientras que los azúcares mejor representados pueden ser la arabinosa, glucosa y galactosa (Kuljanabhadgavad, Thongphasuk, Chamulitrat & Wink, 2008; Madl, Sterk, Mittelbach & Rechberger, 2006). De acuerdo a El Hazzam et al. 2020 existen al menos 40 estructuras de saponinas entre estas la hederagenina, ácido fitoalcagénico, ácido serjánico, ácido 3β -hidroxi-23-oxo-olean-12-en-28-oico, ácido 3β -hidroxi-27-oxo-olean-12-en-28-oico, ácido $3\beta,23\alpha,30\beta$ -trihidroxi-olean-12-en-28-oico entre otras (Zhu et al., 2002), de las cuales el más abundante es el AO (Ujiroghene et al., 2019; Mastebroek, Limburg, Gilles & Marvin, 2000), representando entre un 76 – 86 % del total de las saponinas (Troisi et al., 2013) en quinua.

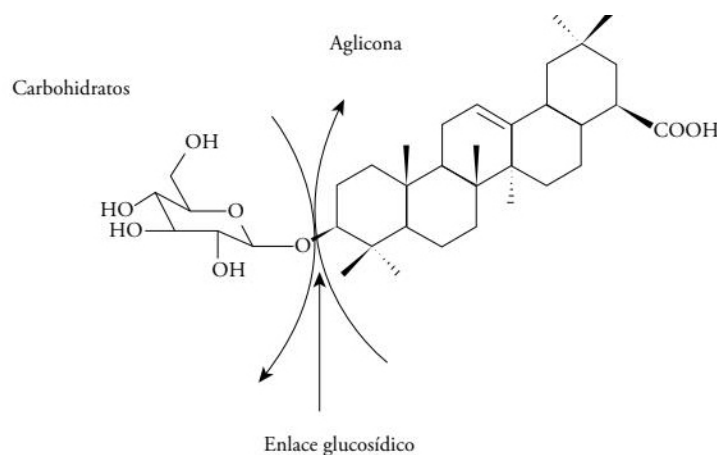


Figura 1: Estructura de Saponina. Enlace aglicona/glucósido.

El contenido de saponinas puede variar dependiendo del genotipo de 0 a 12,0 mg (0 a 1,2 %) (Bacigalupo & Tapia, 2000). Aunque otros lo consideran entre 0,1 y 5 % (Vega-Gálvez, Miranda, Vergara, Uribe, Puente & Martínez, 2010). Estas diferencias se deben principalmente a factores ambientales y genéticos. Su contenido permite clasificar a las variedades de quinua como dulces (<0,11%) o amargas (>0,11%) (Ahumada et al., 2016), clasificación dada por Koziol, 1991.

Es muy escasa la información y estudios publicados sobre la cuantificación de saponinas y más aún de estudios de identificación de las distintas saponinas en los granos de quinuas cultivadas en Jujuy, siendo necesario ampliar estudios a los fines de contribuir no solo con la producción de alimentos ricos en nutrientes, sino también exentos de saponinas que reduce la calidad de la quinua pudiendo tener un efecto tóxico y anti nutricional en animales y el hombre respectivamente. Por ello, este trabajo tiene como objetivo investigar y comparar el contenido de AO en las quinuas más cultivadas en la provincia de Jujuy y clasificarlas en quinuas dulces y amargas según la concentración de AO hallada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La descripción informada corresponde a información de muestras de quinuas de la Puna provincia de Jujuy – Argentina, provistas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Abra Pampa-Miraflores.

Muestras

La descripción corresponde a muestras de quinua obtenidas del banco de germoplasma de Salta, de INTA SALTA, teniendo en cuenta para la selección: 1. granos de ciclos cortos, 2. Tolerancia a plagas (cona cona, lepidóptero y milliums hongo), 3. Adaptabilidad a la zona. Los genotipos seleccionados al azar fueron: SAC-AB, RQ-182, RQ-SAC-18, RQ-252, RQ-420, RQ-435 y Amarilla de Marangani (AMMA). Una vez

seleccionadas fueron identificadas y refrigeradas hasta su análisis.

Reactivos

Se trabajó con un estándar de AO (pureza 99 %, Sigma-Aldrich). El metanol y acetonitrilo grado HPLC y éter de petróleo Sintorgan 35 - 60°C p.a., ácido fosfórico Biopack p.a. (A.S.C).

Curvas de calibración utilizadas

Para la cuantificación se utilizaron dos curvas para mejorar la precisión de los resultados. La primera curva se confeccionó con concentraciones de 40,5; 81; 162; 324 y 810 mg/L ver Gráfico N° 1, mientras que la segunda curva con concentraciones de 10,12; 20,25; 40,5 y 81 mg/L ver Gráfico N° 2. Para ello se pesaron 8,1 mg de patrón y se llevó a volumen final de 10 mL con metanol obteniéndose una solución madre de 810 mg/L. A partir de la solución madre se hicieron las diluciones para los estándares. Las ecuaciones de las curvas obtenidas fueron: 1) $y = 19.057.x + 111.495$ $R^2 = 0,999$; 2) $y = 19.232.x + 16101$ $R^2 = 0,9669$

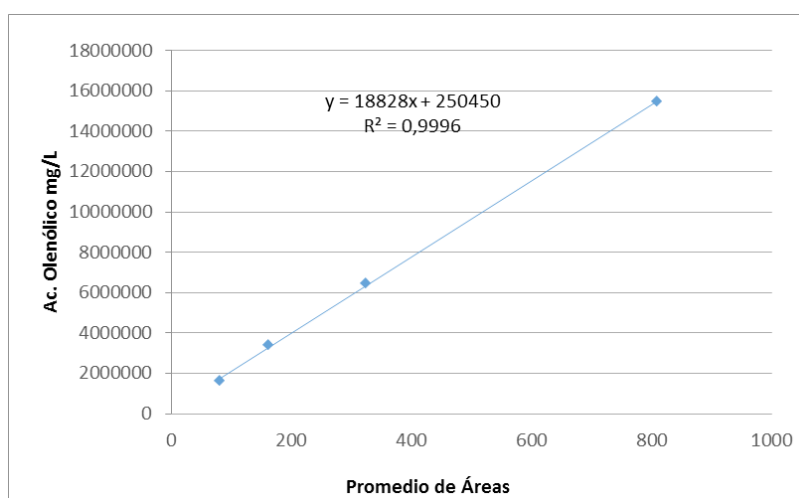


Gráfico 1: Primera curva de calibración rango de concentración de AO entre 40,5 mg/L a 810 mg/L.

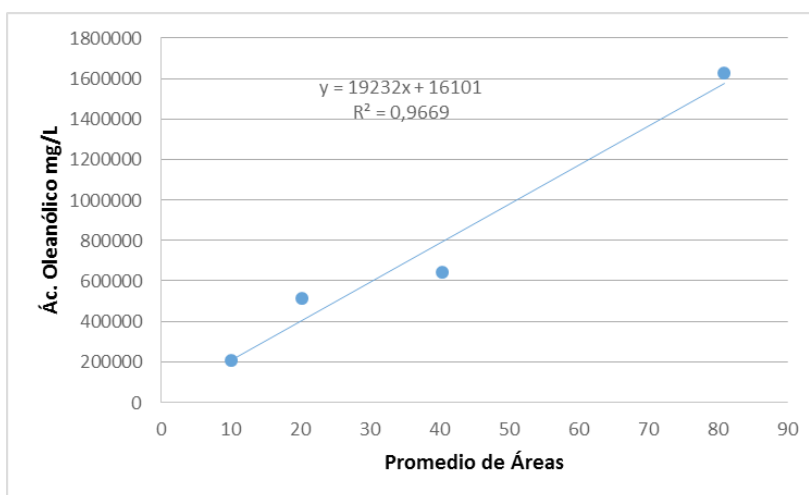


Gráfico 2: Segunda curva de calibración entre 10 mg/L y 81 mg/L de AO.

Preparación de las muestras

Para el análisis las muestras fueron homogeneizadas y cuarteadas, luego se tomó una porción representativa, posteriormente se procedió a su pesaje. Las muestras fueron analizadas por cuadruplicado.

Extracción de grasas

El AO es un compuesto lipofílico, debido a su función aglicona liposoluble y su cadena de sacáridos que, a su vez, tienen la propiedad de ser hidrosoluble. Esto significa que se encuentra principalmente en la fracción lipídica (grasa) de los granos (Troisi et al., 2013), por lo tanto, para cuantificar primero se debe extraer los lípidos de los granos de quinua. Esto se realiza mediante el uso de solventes orgánicos, como hexano o éter de petróleo, que son capaces de disolver las grasas presentes en las semillas.

El desengrasado de las semillas de quinua es un paso importante en la preparación de muestras para la cuantificación del AO u otros compuestos lipofílicos. Al eliminar los lípidos y solventes, se asegura que el análisis sea preciso y que los resultados reflejen con precisión la concentración del compuesto de interés en las semillas.

Se pesó 5 g de quinua y se molió en mortero hasta obtener una harina. Se colocó en una caja de petri tarada y se llevó a sequedad a 60 °C por 1 h. Se puso en desecador por 10 min y se tomó el peso seco (m) para el cálculo posterior. Se procedió a secar el balón de extracción a 100°C por 10 min, se llevó al desecador y se registró el peso. Posteriormente se agregó 150 mL de éter de petróleo al balón y se colocó el cartucho de celulosa con muestra en el sifón. Se conectó todo el equipo y se inició la extracción durante 4 horas. Una vez terminada la extracción, se eliminó el solvente del balón por evaporación en manta de arena a 100°C bajo campana. Se secó el balón con grasa en estufa a 100°C por 30 min, se enfrió en desecador hasta peso constante. Posteriormente se secó la muestra sin grasa en estufa por 15 min a 60°C.

Extracción de AO

Se colocó la muestra sin grasa en el sifón y 150 mL de metanol grado HPLC en el balón, se conectó al soxhlet. Se inició la extracción durante 6 h. En este caso no es necesario tomar el peso del balón ya que el mismo solo se utiliza para el cálculo de grasas. Una vez terminada la extracción se eliminó el metanol del balón por evaporación en plancha calefactora a 50°C bajo campana hasta sequedad.

Cuantificación de AO

El residuo sólido del balón se resuspendió con metanol en matraz de 5 mL para su posterior cuantificación en HPLC (PerkinElmer). Las condiciones de corrida fueron: Fase móvil: acetonitrilo grado HPLC, ácido fosfórico 1,25% (85:15); Flujo: 0,7 mL/min; Columna: Waters XBridge® C18 5.0 µm, 4.6 mm x 150 mm, Detector: arreglo de diodos (DAD); Longitud de onda UV: 206 nm; Inyección de volumen: 20 µL; Tiempo de corrida: 25 min; Temperatura: ambiente.

Se realizó el cálculo del Límite de Detección y Límite de cuantificación del equipo HPLC obteniéndose un LD= 0,215 mg/L y el LQ= 0,652mg/L.

Método de recuperación:

Se realizó con amaranto, con agregado de una concentración conocida de AO. De acuerdo a bibliografía consultada (Cuadrado et al., 1994; Rastrelli, Pizza, Saturnino, Schettino & Dini, 1995) se encuentran ciertas saponinas en el amaranto, pero en cantidades ínfimas.

Estimación de saponinas totales

Para ello se consideró lo citado por Cuadrado et al., 1994, quienes informan que el aporte de AO en quinuas amarillas es del 68 %, mientras que en las blancas representan un 41%.

Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó mediante InfoStat versión 2022. La comparación de los resultados se realizó empleando el método no paramétrico de Kruskal Wallis.

RESULTADOS

Método de Recuperación

Se detectó la presencia de AO en el blanco de amaranto de 0,088 mg/g (Tabla 1). El porcentaje de recuperación fue del 87 % que se determinó mediante la diferencia entre el valor obtenido del amaranto con patrón y el blanco, utilizando la ecuación $y = 5.831.x + 34.472$ con $R^2 = 0,9996$. Ver Tabla 1

Tabla 1: Recuperación del método empleando Amaranto (*Amaranthus* spp.)

AMARANTO	Área X	mg/L	Kg/g
s/patrón	549.575,5	88,34	0,088
c/patrón	853.602,0	140,48	0,140

Tabla 2: Extracción de Lípidos expresado en %.

GENOTIPO	PROMEDIO % LÍPIDOS	DS ±
SAC-AB	6,05	0,2
RQ-SAC-18	8,00	0,0
RQ-182	6,05	0,6
RQ-252	7,25	0,9
RQ-435	6,65	0,5
RQ-420	5,70	0,7
AMMA	7,55	0,5

Los resultados obtenidos muestran que todas las quinuas presentaron valores detectables de AO, siendo la RQ-SAC 18 la de mayor concentración de AO y la RQ 252 la que mostró menor cantidad. Los valores encontrados se hallaron entre 22,17 a 45,57 mg/Kg de AO.

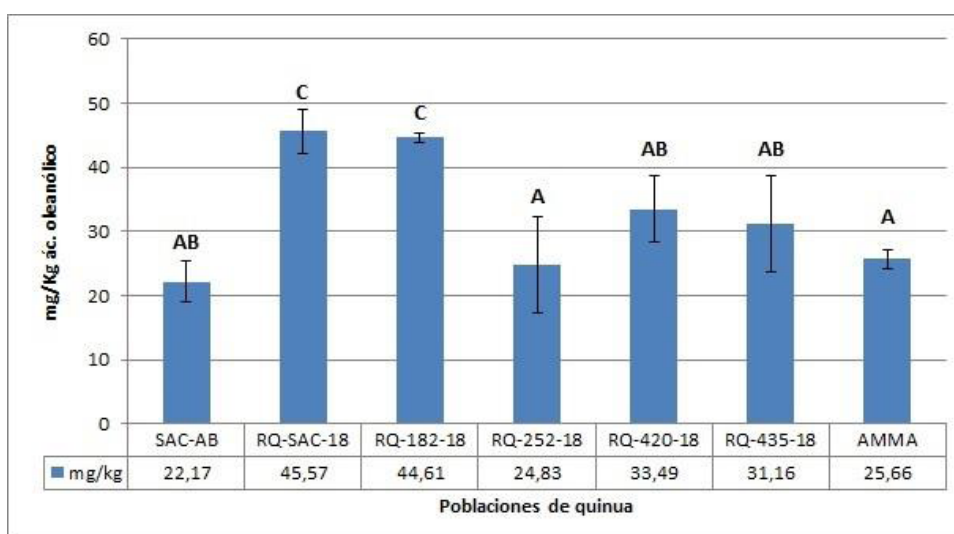


Gráfico 3: Comparación del promedio de AO obtenido en quinuas cultivadas en la provincia de Jujuy.

El análisis estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis mostró diferencias significativas entre el genotipo (poblaciones) de quinuas AMMA Y RQ-252 respecto a las RQ-SAC-18 y RQ-182 estudiadas.

Con los resultados obtenidos de AO, se procedió a realizar el cálculo estimado de las saponinas totales, a los fines de clasificar a las quinuas en dulces y amargas ver Tabla N° 3.

Los resultados de saponinas totales se hallaron entre 37,73 a 111,15 mg/Kg respectivamente. Mostrando que la quinua AMMA presentó la menor concentración y RQ-SAC 18 la mayor concentración.

Tabla 3: Clasificación de Quinuas, según concentración de Saponinas totales calculadas a partir de AO.

GENOTIPOS	mg/Kg AO	mg/Kg otras saponinas	mg/Kg de saponinas totales	% de saponinas	Clasificación
SAC-AB	22,17	31,90	54,07	0,005	DULCE
RQ-SAC-18	45,57	65,58	111,15	0,008	DULCE
RQ-182	44,61	64,19	108,08	0,011	DULCE
RQ-252	24,83	35,73	60,56	0,006	DULCE
RQ-420	33,49	48,19	81,68	0,008	DULCE
RQ-435	31,16	44,84	76	0,008	DULCE
AMMA	25,66	12,07	37,73	0,004	DULCE

Tabla 4: Promedio de saponinas presentes en distintos genotipos procedentes de América del Sur estudiado por diferentes autores.

Genotipo	Saponinas				
	Promedio mg/Kg	Rango	Origen	Autor	Cultivadas en:
Apelawa	4.490 ± 0,64	0,91-8,83	Bolivia	Ward, 2000	Colorado
Baer	7.240 ± 0,56	1,39-8,90	Chile	Ward, 2000	Colorado
Cahuil	4.650 ± 0,77	1,33-7,38	Chile	Ward, 2000	Colorado
CQ407	8.130 ± 0,34	2,10-8,95	Chile	Ward, 2000	Colorado
CQ101	8.250 ± 0,26	7,30-9,05	Bolivia	Ward, 2000	Colorado
CQ140	8.050 ± 0,59	3,61-9,52	Bolivia	Ward, 2000	Colorado
Isluga	3.220 ± 0,66	1,12-6,62	Bolivia	Ward, 2000	Colorado
Lirio	1.620 ± 0,07	0,82-1,98	Chile	Ward, 2000	Colorado
Marangani	8.160 ± 0,27	5,81-10,2	Perú	Ward, 2000	Colorado
Tango	5.550 ± 0,76	1,94-7,49	Chile	Ward, 2000	Colorado
-	18.000	-	Chile Norte	García-Parra et al. 2018	Chile Norte

-	33.500	-	Chile Centro	García-Parra et al. 2018	Chile Centro
Regalona	17.500	-	Chile Sur	García-Parra et al. 2018	Chile Sur
Ingapirca Blanca	700	-	Ecuador	García-Parra et al. 2018	Ecuador
Real de Bolivia (Amarga)	26.000	-	Bolivia	García-Parra et al. 2018	Bolivia
PEQPC-461 grano negro	9.100	-	Perú	García-Parra et al. 2018	Perú
Piabiru Amarga.	3,3	-	Brasil	García-Parra et al. 2018	Brasil
Titicaca (KVLQ52)	2.138 ± 7,52	-	-	Troisi et al. 2013	Italia
Regalona Baer (RB)	3.290 ± 6,78	-	-	Troisi et al. 2013	Italia

DISCUSIÓN

Las muestras analizadas en este estudio provinieron de la región Puna de la provincia de Jujuy, la cual se caracteriza por ser una zona árida con bajas precipitaciones anuales. Koziol J. M., 1992 y Alcoba & Chávez, 2015 estudiaron quinuas cultivadas en regiones de poca precipitación y encontraron que presentan concentraciones menores de saponinas respecto a aquellas cultivadas en zonas de mayor precipitación, condición que predispone el ataque de plagas activando el mecanismo de defensa de la planta (formación de saponinas). Esto justifica las bajas concentraciones de AO y saponinas totales encontradas en las muestras analizadas en este trabajo. Los resultados mostraron además, que el contenido de AO presente en los genotipos de quinua: RQ-SAC-18, RQ-182 presentaron mayores concentraciones con diferencias significativas con los genotipos AMMA y RQ-252.

Todas las quinuas estudiadas, clasifican como dulces al tener un porcentaje menor al 0,11% de saponinas totales. Esto muestra que las quinuas presentan concentraciones mucho menores a las reportadas por otros autores como Mora-Ocación, Morillo-Coronado & Manjarres-Hernández, 2022 quienes publicaron concentraciones de saponinas en Colombia que rondan los 4.000 a 4.500 mg/Kg en quinuas blancas y de 37.500 a 49.300 mg/Kg en genotipos amarillos. Por otro lado, Troisi et al., 2013 reportó quinuas adaptadas y cultivadas en Italia con concentraciones de saponinas hasta 30 veces aproximadamente mayores a las informadas, con valores entre 2.138 mg/Kg a 3.290 mg/Kg, las que varían según la época del año en que se cultivan. Otro estudio realizado por Miranda, Vega-Gálvez, Quispe-Fuentes, Rodríguez, Maureira & Martínez, 2012 en distintas regiones de Chile obtuvo los siguientes promedios de saponinas: región sur 17.500 mg/Kg, central 33.500 mg/Kg y norte 18.000 mg/Kg ecotipos de quinuas que superan hasta más de 300 veces los valores hallados en este estudio. Otros investigadores como García-Parra et al., 2018 publicaron concentraciones de saponinas en quinuas amargas cultivadas en Perú de 9.100 mg/Kg, en Bolivia de 26.000 mg/Kg, en Brasil de 33.000 mg/Kg, en Chile (Costa) 22.000 mg/Kg y en Colombia de 5.000 mg/Kg, superando todas estas la DL50. Estas altas concentraciones tienen no solo un impacto negativo desde el aspecto toxicológico, sino también en lo económico, puesto que los productores deben invertir en equipamientos que permitan eliminar o reducir la concentración de saponinas previo a la comercialización.

Sin embargo, en Perú Cuadrado et al., 1994 informa valores de saponinas totales de 320 mg/Kg en Marangani Amarilla (AO 218 mg/Kg), mientras que en genotipos blancos obtuvo un promedio de 97 mg/Kg (AO 38 mg/Kg), por otro lado en el norte de Chile el genotipo Regalona dio un promedio 20 mg/Kg de saponinas totales (quinuas dulces). Estos valores reportados, resultan similares a los encontrados en las quinuas cultivadas en este trabajo, similitud que puede estar dada por las condiciones geoclimáticas que benefician la baja formación de saponinas en el cultivo, debido a que se encuentran menos expuestas al ataque de plagas (Koziol J. M, 1992; Alcoba & Chávez, 2015).

También, en el proceso de desengrasado de las muestras se hallaron concentraciones de lípidos entre 5,7 a 8,0 %. La bibliografía muestra que el contenido de lípidos en los granos de quinua puede variar desde 1,80 a 9,30 % con un promedio establecido en 5% (Mufari, 2015). La composición de los lípidos de la quinua, como producto integral (granos enteros) muestra un porcentaje de 50 a 56% de lípidos neutros (componentes prioritarios) respecto al total, estos son seguidos en concentración por los lípidos polares y por último los Ácidos Grasos Libres (Cervilla, 2016). Los resultados obtenidos muestran que el 57,14% de las muestras estudiadas presentaron entre 5 a 6 % de lípidos, mientras que el 42,86% de ellas dieron valores entre 7 a 8% de lípidos. Se observa que las quinuas estudiadas tienen potencial para ser empleadas para la elaboración de aceites, por presentar concentraciones de lípidos similares a aceites obtenidos de maíz (4,9%) e inferior a la soja (20%) (Campos-Rodríguez, Acosta-Coral & Paucar-Menacho, 2022; Ponce de León Saavedra & Valdez-Arana, 2021; Anaya González, Mamani Aycachi & Cóndor Alarcón, 2019), además se destaca en la presencia de lípidos que favorecen la reducción de LDL (Bergesse et al., 2015). Por todo esto es importante, conocer la concentraciones de saponinas presentes a los efectos de reducir el riesgo de su presencia, lo que puede provocar algunas dolencias al consumirlas, como por ejemplo irritación gástrica, vómitos entre otros, como así también bajar la calidad organoléptica y nutricional.

Estos resultados muestran la importancia de ampliar estos estudios, puesto que existen muchos factores ambientales y de manejo agronómico que pueden llegar a modificar el porcentaje de concentración saponinas. Por otro lado, se debe tener en cuenta que la toxicidad de las saponinas dependerá de varios factores como ser, la naturaleza de las especies, estado fisiológico del consumidor y cantidad consumida, por lo que resulta importante identificar las distintas agliconas presentes en las quinuas cultivadas en la región NOA de Argentina y estimar la toxicidad de cada una de ellas.

Los resultados obtenidos nos permiten inferir que el consumo de granos de quinua no implicaría grandes riesgos de intoxicación en personas, considerando además que las quinuas deben ser lavadas para extraer las saponinas tal cual lo establece el CAA según el Artículo 682 del CAA (CAA Capítulo IX, 2010; Resolución Conjunta SPReI N°261/2014 y SAGyP N° 228/2.014) que dice: "las semillas de quinua o quinoa que se industrialicen deberán ser sometidas a un proceso que asegure la eliminación de las saponinas", con esto se evita posibles intoxicaciones en el hombre y se contribuye a mejorar los atributos organolépticos, además de que permite una mejor absorción de los nutrientes propios de este alimento. Por otro lado, los resultados son importantes para el sector agro-ganadero de la Puna, puesto que la planta de quinua es utilizada para alimento de ganado y muchas veces se enriquecen con sus granos a los fines de mejorar la calidad proteica de la alimentación, lo que implicaría que existe una baja exposición a través de estas poblaciones de quinuas estudiadas.

CONCLUSIÓN

El estudio de AO como la saponina mayoritaria en las quinuas cultivadas en Jujuy, permitieron la estimación de concentración de saponinas totales, mostrando baja concentración comparada con otros estudios, indicando que la producción y comercialización de este pseudocereal tanto para el consumo humano como para ganado no implicaría riesgo de toxicidad.

El estudio también evidencia que estas quinuas dulces no requieren de tratamientos demasiados complejos en comparación con otras para la eliminación de saponinas, favoreciendo la comercialización

y preservando los atributos nutricionales y organolépticos propios de este pseudocereal. Por todo ello, es importante estudiar la toxicidad aportada por las saponinas y el impacto que pueda tener en la calidad nutricional de la quinua, a los fines de brindar información completa a los productores para que cumplan con los requerimientos de la legislación vigente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al INTA ABRA PAMPA MIRAFLORES por su asistencia asesoramiento y por facilitar el acceso a los granos de quinuas provenientes del banco de germoplasma.

BIBLIOGRAFIA

- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D. & Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, Vol. 45(3), 438-469.
- Alcoba, L. & Chávez, M. F. (2015). Análisis comparativo de la incorporación del cultivo de quinua como estrategia productiva y comercial, en Valles templados y la Puna jujeña. IPAF NOA-INTA. *V Congreso Mundial Quinoa 2015*. Recuperado de: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-anlisis_comparativo_de_la_incorporacin_del_cul.Pdf
- Anaya González, R. B., Mamani Aycachi, R. A. & Córdor, Alarcón R. (2019). Primary Metabolites in Four Accessions of *Chenopodium Quinoa* Willd in Three Districts of Ayacucho- Perú. *Revista Boliviana de Química* ISSN 0250-5460. ISSN 2078-3949 *Rev. boliv. quim.* Electronic edition. RBQ Vol. 36, No.1, pp. 1-9, 2019. DOI: 10.34098/2078-3949.36.1.1.
- Bacigalupo, A. & Tapia, M. 2000. Capítulo V: Agroindustrias. Factor saponina. En: Tapia M. (ed.). Cultivos andinos subexplotados y su aporte en la alimentación. FAO. Santiago de Chile (Chile). Ediciones Gegra S. A., pág. 114-121, 124. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro10/home10.htm
- Bergesse, A. E., Boiocchi, P. N., Calandri, E. L., Cervilla, N. S. Gianna V., Guzmán, C. A., Miranda, V. P., Montoya, P. A. & Mufari, J. R. (2015). APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL GRANO DE QUINOA Aspectos Tecnológicos, Físicoquímicos, Nutricionales y Sensoriales. 1º Edición Eduardo Luis Calandri 2015. ISBN 978-987-33-8871-2
- CAA Capítulo IX (2010) Resolución Conjunta SPReI N°261/2014 y SAGyP N° 228/2.014.
- Campos-Rodríguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*. 13(3), 209-220. ISSN: 2550 - 682X. DOI: 10.23857/pc.v6i3.2441
- Castillo, C., Choque, D., Wierna, N., Ruggeri, M. A., Romero, A. E. & Ávila Carreras, N. (2021). Comparación de pruebas de extracción de saponinas (ácido oleanólico) en quinuas cultivadas en dos zonas de la provincia de Jujuy (Valles y Puna). *Agraria* 14 (1): 34-48.
- Cervilla, N.S. (2016). Aspectos Tecnológicos que influyen en las pérdidas nutricionales durante el proceso de obtención de Harinas de Quinoa. Caracterización físico-química. (Tesis Doctoral) Universidad Nacional de Córdoba- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Córdoba. Disponibles: <https://digesto.unc.edu.ar/handle/123456789/328460>
- Choque, J., Larico, J., Mamani, J. & Canaza-Cayo, A.W. (2018). Producción de forraje y composición química

- de ocho cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Illpa, Puno. *Animal Science, AgroSur; Agrosur* .46(3): 1-7. DOI: 10.4206/agrosur.2018.v46n3.01.
- Cuadrado, C., Ayet, G., Burbano, C., Muzquiz, M., Camacho, L., Cavieres, E., Lovon, M., Osagie, A. & Price, K. R. (1994). Occurrence of Saponins and Sapogenols in Andean crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 67, 169- 172. doi.org/10.1002/jsfa.2740670205
- El Hazzam, K., Hafsa, J., Sobeh, M., Mhada, M., Taourirte, M., Kacimi, K. & Yasri, Abdelaziz. (2020). An Insight into Saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A Review. *Molecules*. 25, 1059. doi:10.3390/molecules25051059.
- García-Parra, M., Plazas Leguizamón, N. Z., Carvajal Rodríguez, D. C., Ferreira Torrado, S. K. & Parra, J. D. (2018). Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en relación con el suelo y el clima: una revisión. *Informador Técnico*, 82(2), 241-249. doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.1451>
- García-Zanabria, R. O., Dávalos-Merino, G. E. & Ríos-Rivera, A. C. (2021). Uso de paja de quinua como alimento suplementario de ganado de leche. *Pol. Con. (Edición núm. 56) Vol. (6) No 3.*, 1363-1375. ISSN: 2550 - 682X. DOI: 10.23857/pc.v6i3.2441
- Gianna, V. (2013). Extracción, cuantificación y purificación de saponinas de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd provenientes del Noroeste Argentino. (Tesis Doctoral) Universidad Nacional de Córdoba- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Córdoba. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1413/Tesis%20Doctoral%20Vicente%20Gianna%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, J. A., Guillermo, M. O. (h), Bruno, M. A. & Prado, F. E. (2016). La “quinua” (*Chenopodium quinoa*) como alternativa forrajera en la zona de los Valles Calchaquíes (Noroeste Argentino). 74 J. A. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/305719420>
- Güçlü-Üstündag, O. & Mazza, G. (2007). Saponins: Properties, Applications and Processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 47, 231-258. doi. org/10.1080/10408390600698197. insight into saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A review.
- Jacobsen, S. E.; Hill, J. & Stølen, O. (1996). Stability of quantitative traits in quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Theor Appl Genet*. 1996 Jul;93(1-2):110-6. doi: 10.1007/BF00225735.
- Koziol, M. J. (1991). Afrosimetric Estimation of Threshold Saponin Concentration for Bitterness in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 54, 211-219. doi. org/10.1002/ jsfa.2740540206 Koziol, M. J. (1992). Chemical Composition and Nutritional Evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Food Composition and Analysis* 5, 35-68. doi. org/10.1016/0889-1575(92)90006-6
- Koziol, M. J. (1992). Chemical Composition and Nutritional Evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Food Composition and Analysis*. 5, 35-68. doi. org/10.1016/0889-1575(92)90006-6
- Kuljanabhagavad, T., Thongphasuk, P., Chamulitrat, W., & Wink, M. (2008). Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Journal Phytochemistry*. 69(9), 1919-1926. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.03.001>
- Lin, M., Han, P., Li Y., Wang, W., Lai, D. & Zhou, Li. (2019). Quinoa Secondary Metabolites and Their Biological Activities or Functions. *Molecules* 2019, 24, 2512. pp 1-47. doi:10.3390/molecules24132512

- Lindner, E. 1995. Toxicología de los Alimentos. Editorial Acribia, S.A. 2ª. edición pág. 12-14 y 106-112, Zaragoza.
- Madl, T., Sterk, H., Mittelbach M., Rechberger, G.N. (2006). Tandem mass spectrometric analysis of a complex triterpene saponin mixture of *Chenopodium quinoa*. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* 17, 795–806. <https://doi.org/10.1016/j.jasms.2006.02.013>.
- Mastebroek, H.D., Limburg, H., Gilles, T. & Marvin, H.J. (2000). Occurrence of saponin in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 80, 152–156. [doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000101\)80:1%3C152:AIDJSFA503%3E3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000101)80:1%3C152:AIDJSFA503%3E3.0.CO;2-P)
- Medina-Meza, I. G., Nicole, A., Aluwi, N. A., Saunders, S. R. & Ganjyal, G.M. (2016). GC-MS Profiling of Triterpenoid Saponins from 28 Quinoa Varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in Washington State. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 64, 8583–8591. doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02156.
- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Quispe-Fuentes, I., Rodríguez, M. J., Maureira, H. & Martínez, E. A. (2012). Nutritional aspects of six Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) ecotypes from three geographical areas of Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research.* 72(2), 175- 181. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chiljar/v72n2/at02.pdf> *Molecules.* 2020; 25(5):1–22.
- Mora-Ocación, M. S., Morillo-Coronado, A. C. & Manjarres-Hernández, E. H. (2022). Extraction and Quantification of Saponins in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Genotypes from Colombia. *Hindawi. International Journal of Food Science.* Vol. 2022, Article ID 7287487, 7 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/7287487>
- Mufari, R. (2015). Capítulo 6 ACEITE. Bergesse Antonella E. Boiocchi Paola N. Calandri Edgardo L. Cervilla Natalia S. Gianna Vicente Guzmán Carlos A. Miranda V. Patricia P. Montoya Patricia A. Mufari Jesica R. APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL GRANO DE QUINOA Aspectos Tecnológicos, Físicoquímicos, Nutricionales y Sensoriales. Editora Grasso Florencia. 1º Edición. 119-130. Córdoba. ISBN 978-987-33-8871-2. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1846/Aprovechamiento%20integral%20del%20grano%20de%20quinoa.pdf?sequence=7>
- Ponce de León Saavedra, P. & Valdez-Arana, J. (2021). Evaluación nutricional y funcional de 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivadas en la zona andina del Perú. *Scientia Agropecuaria.* 12(1), 15-23.
- Pulido Suárez, N.J., Escobar, M.I. & Rodríguez Molano, C.E. (2019). Valor nutricional del ensilaje de forraje de quinua (*Chenopodium quinoa* willd) con adición de microorganismos eficientes. *Rev. CES Med. Zootec.* Vol 14(3): 16-28.
- Rastrelli, L., Pizza, C., Saturnino, P., Schettino, O. & Dini, A. (1995). Studies on the Constituents of *Amaranthus caudatus* (Kiwicha) Seeds. Isolation and Characterization of Seven New Triterpene Saponins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 43, 904–909. doi.org/10.1021/jf00052a011
- Troisi, J., Di Fiore, R., Pulvento, C., D'Andria, R., Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Martínez, E. & Lavini A. (2013). Saponinas. Editores: Bazile D, Bertero D & Nieto C. 2013. *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013.* Edición 2014 FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). 317- 330.
- Ujiroghene, O. J., Lu, L., Zhang, S., Jing, L., Cai, Z. & Pang, X. (2019). Potent α -amylase inhibitory activity of sprouted quinoa-based yoghurt beverages fermented with selected anti-diabetic strains of lactic acid bacteria. *RSC Advances.* 9, 9486–9493. <https://doi.org/10.1039/C8RA10063B>

- Valle Vega, P. & Florentino, B.L. (2000). Agentes tóxicos naturalmente presentes en los alimentos. Introducción a la toxicología de alimentos. En: *Toxicología de alimentos*. México, D.F, Ed. Instituto Nacional de Salud Pública Centro Nacional de Salud Ambiental, 77-80. Disponible en: https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Toxicologia_de_Alimentos_VegaFlorentino.pdf
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L. & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), an ancient Andean grain: a review. *Journal of Science Food and Agriculture*. 90, 2541-2547. Disponible en: file:///C:/Users/tom-4/Downloads/Nutrition_facts_and_functional_potential_of_quinoa.pdf
- Ward, S. M. (2000). Response to selection for reduced grain saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Field Crops Research*. 68. 157-163.
- Zhang, R., Zhai, Q., Yu, Y., Li, X., Zhang, F., Hou, Z., Cao, Y., Feng, J. & Xue, P. (2022). Safety assessment of crude saponins from *Chenopodium quinoa* willd. husks: 90-day oral toxicity and gut microbiota & metabonomics study in rats. *Food Chemistry*. 375 (2022) 131655. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131655>
- Zhu, N., Sheng, S., Sang, S., Jhoo, J., Bai, N., Karwe, M. V., Rose, R. T. & Ho, Ch. (2002). Triterpene Saponins from Debittered Quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50, 865-867. Doi: 10.1021/jf011002l

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE ABONOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DE HUERTAS URBANAS DEL DEPARTAMENTO DR. MANUEL BELGRANO

PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF ORGANIC FERTILIZERS FROM URBAN VEGETABLE GARDENS IN DR. MANUEL BELGRANO DEPARTMENT

Ivone Carolina Humacata^{*1}, Mirta del Valle Agüero¹, W. Juan Manuel Nadalino Rioja¹ y María Jazmín Lamas¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy (UNJu). Alberdi N° 47, San Salvador de Jujuy. Jujuy. Argentina. (C.P. 4600)

*Autor para correspondencia:
ivonehumacata@fca.unju.edu.ar

Período de Publicación:
Diciembre 2023

Historial:
Recibido: 14/07/2023
Aceptado: 11/10/2023

RESUMEN

El uso de abonos orgánicos es una práctica recomendada para mejorar la fertilidad del suelo. En este estudio, se tomaron muestras de lombricompost y compost, provenientes de huertas de Alto Comedero, Higuierillas, Alto La Viña y Lozano. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a los huerteros y se analizaron las muestras recolectadas. Los análisis incluyeron la medición del pH, conductividad eléctrica ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), contenido de materia orgánica (%) y se calculó la relación carbono-nitrógeno (C/N). Se encontró que las mismas cumplen con los estándares de calidad establecidos en la mayoría de las fuentes bibliográficas consultadas; y que, pueden ser clasificadas, según los parámetros analizados, en la categoría «Clase A». Esto sugiere que los materiales usados fueron aptos para compostar como así también el proceso se cumplió de forma correcta para todos los casos. Se requiere de más estudios para determinar el impacto del lombricompost y compost en la producción de cultivos específicos y para evaluar su efecto en áreas urbanas diferentes.

Palabras clave: suelo, fertilidad, agricultura sostenible, estándares de calidad

SUMMARY

The use of organic fertilizers is a recommended practice to improve soil fertility. In this study, samples of vermicompost and compost were taken from vegetable gardens in Alto Comedero, Higuierillas, Alto La Viña and Lozano. Semi-structured interviews were conducted with the urban gardeners and the collected samples were analysed. The analyses included the measurement of pH, electrical conductivity ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), organic matter content (%) and the carbon-nitrogen ratio (C/N) was calculated. It was found that they comply with the quality standards established in the bibliographic sources consulted; and that can be classified, according to

the parameters analysed, in the "Class A" category. This suggests that the materials used were suitable for composting and the process was carried out correctly in all cases. More studies are required to determine the impact of vermicompost and compost on the production of specific crops and to evaluate their effect in different urban areas.

Keywords: fertility, quality standards, soil, sustainable agriculture

INTRODUCCIÓN

Las huertas urbanas, además de ser funcionales para la producción de alimentos, generan importantes beneficios socioeconómicos y ecológicos para el conjunto de la población (Soler Montiel & Rivera Ferre, 2010). Una práctica recomendada en las huertas es el uso de compost o lombricompost como abonos orgánicos para mejorar la fertilidad del suelo (Peña Turruella, Carrión Ramírez, Martínez, Rodríguez y Compiononi, 2002; Moreno Flores, 2007; Lamberti, 2016). El compost es un abono prehumificado, que resulta de la descomposición y transformación por medio de la actividad microbiológica aeróbica de residuos orgánicos de origen vegetal (restos vegetales, rastrojos de cosechas y malezas) y residuos de origen animal (estiércol fresco y/o almacenado) y un manejo apropiado de la humedad y la aireación, con volteos adecuados para facilitar el trabajo de los microorganismos en la descomposición (Chilón Camacho, 2018). Por su parte, el lombricompost, también conocido como vermicompost, es un tipo de abono de alto valor agregado que se forma por la digestión y descomposición de residuos orgánicos complejos en los intestinos de las lombrices (Mu, Yang, Han, Li, Ding & Zhang, 2023). El lombricompost a diferencia del compost, debido a la acción directa de las lombrices, presenta un estado avanzado de descomposición de la materia orgánica que lo transforma en uno de los abonos de mejor calidad (Peña Turruella et al., 2002). Es un material más estable que el compost y contiene mayor proporción de ácidos húmicos y fúlvicos (Román, Martínez & Pantoja, 2013). La aplicación de abonos orgánicos representa para el suelo: la mejora de la estructura y porosidad de éste, la retención de agua y liberación gradual de nutrientes, el aumento de la actividad biológica microbiana y la reducción de enfermedades en las plantas (Lazcano & Domínguez, 2011). También, este método de fertilización permite sustituir los insumos tradicionales, mantener y mejorar la calidad del suelo, la producción de alimentos libre de trazabilidad no sostenible, dado que no incorpora en los sistemas de producción, agroquímicos que afectan los recursos agua, suelo y medio ambiente (Rodríguez-Dimas, Cano-Ríos, Favela-Chávez, Figueroa-Viramontes, De Paul-Álvarez, VPalomo-Gil & Moreno-Reséndez, 2007). Chuctaya Chuctaya & Ccanahuire (2020) consideran que su uso contribuye a la reducción de residuos orgánicos y a la disminución de la huella de carbono. La calidad del compost de lombrices debe ser conocida a fin que el mismo sea usado de forma adecuada como un abono orgánico (Castillo, Quarín & Iglesias, 2000); por ello las características de un buen abono orgánico dependerán fundamentalmente de la composición y la preparación de la materia orgánica de partida, que puede experimentar variaciones en función de factores diversos, del proceso de compostaje y maduración, y del procesado final (Negro, Villa, Aibar, Aracón, Ciria, Cristóbal y Zaragoza, 2000). Según Melgarejo, Ballesteros & Bendeck (1997), el porcentaje óptimo de humedad para estos compuestos se encuentra en el rango de 30-40% y el pH tiene su intervalo óptimo entre 6,5-8,0. Por otro lado, Polo (2011) menciona que la actividad de las bacterias es mayor con valores de pH ligeramente superior al neutro, mientras que a valores mayores a 8,5 ocurre pérdida de nitrógeno (por volatilización de amoníaco) y se generan olores. En nuestro país, según el marco normativo para la producción, registro y aplicación de compost: Resolución conjunta 1/2019, artículo 6°, Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA, 2019), se presentan dos clases de compost según parámetros de calidad. El compost «clase A» es un producto que no presenta restricciones de uso ni de aplicación. En cambio, el «clase B» es un producto que presenta restricciones de aplicación. El pH debe estar entre 5,0 y 8,5 tanto para el

compost clase A como para el B. Ambos tipos no deben presentar olores desagradables. La humedad debe ser inferior al 60% en ambos casos. En cuanto a la conductividad eléctrica, el compost clase A debe tener un valor menor a 4 dS.m^{-1} , mientras que para el B debe ser menor a 6 dS.m^{-1} . La relación C/N debe ser igual o inferior a 20 para el compost clase A y menor a 30 para el B. Ambos tipos de compost deben contener al menos un 20% de materia orgánica. Una de las formas de mejorar la calidad del compost es la inoculación de microorganismos benéficos. Su aplicación acelera el proceso de compostaje incrementando el contenido de micro y macro nutrientes, así como la mineralización del compost. Los microorganismos benéficos son un consorcio conformado por: bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos, hongos fermentadores y otros (Moncayo Vasquez, 2021).

El objetivo de este estudio fue realizar una caracterización y clasificación fisicoquímica de muestras de compost y lombricompuestos provenientes de huertas localizadas en el departamento Dr. Manuel Belgrano. Con esta investigación se espera contribuir al conocimiento sobre el uso de abonos orgánicos en huertas urbanas y promover su aplicación como una práctica sostenible en la producción de alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo durante el año 2022 en el departamento Dr. Manuel Belgrano, provincia de Jujuy.

En base a relevamientos previos sobre huertas urbanas en el área de estudio, se tomaron 5 muestras de distintas huertas: 1 de Higuerrillas, 2 de Alto Comedero, 1 de Alto La Viña y 1 de Lozano. Para recabar información, se realizaron entrevistas a los huerteros mediante un cuestionario semiestructurado, las preguntas versaban sobre residuos orgánicos empleados y el método de preparación de las muestras recolectadas. Para la caracterización fisicoquímica, se realizó la medición de pH por método potenciómetro en relación 1:5 de material compostado: agua. La conductividad eléctrica se determinó en la misma proporción. La determinación de materia orgánica se realizó por Walkey y Black, y el nitrógeno total por Kjeldhal. Se calculó la relación C/N y, finalmente, se compararon los resultados obtenidos para cada muestra con los parámetros de calidad establecidos por la bibliografía y SENASA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición de los residuos orgánicos utilizados como materia prima para la producción de los abonos orgánicos estudiados fue variable, incluyendo restos de frutas, verduras, hojas, ramas, pasto, estiércol, papel y cartón. La mayoría de las huertas urbanas utilizaron técnicas de volteo para la producción de compost y lombricompost (Tabla 1), este es uno de los sistemas más utilizados por su sencillez (Peña Turruella et al., 2002). La producción de este abono se caracteriza por la remoción periódica para homogeneizar la mezcla y su temperatura, a fin de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad, eliminar patógenos y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación (Román et al., 2013). En cuanto a la cosecha, el período osciló entre 60 y 150 días desde la preparación, dependiendo si se realizó en temporada cálida o fría (Tabla 1). Esto concuerda con Negro et al., (2020) quien menciona que cuando el clima es muy frío el proceso se alarga debido a las bajas temperaturas, e incluso, a veces, se detiene. Por otro lado, los huerteros controlaron la maduración del lombricompost o compost a partir del aroma y observación directa de la degradación de los componentes. Hasta el momento no existe un único método aceptado de forma generalizada para determinar el grado de madurez. Las pruebas de tipo físico son los habitualmente utilizados y, en general, dan una idea aproximada de la madurez de un compost. Entre ellos se incluyen factores tales como ausencia de olores desagradables, color oscuro y temperatura ambiente estable (Negro et al., 2000).

Tabla 1: Procedencia, materia prima, técnicas de laboreo y tiempo de cosecha de abonos orgánicos de huertas urbanas según encuestas realizadas a huerteros del departamento Dr. Manuel Belgrano.

Procedencia	Producto	Materia prima	Técnica/Laboreo	Cosecha
Higuerrillas	Lombricompuesto	Estiércol, hojas y aserrín.	Compostaje en pilas. Triturado. Riego. Volteo.	60 días Indicador: aroma y estructura.
Alto La Viña	Lombricompuesto	Residuos de la cocina, material vegetal de los árboles, estiércol de caballos y papel	Compostaje en pilas y dentro de tachos. Volteo. Riego.	90 días. Indicador: aroma y estructura.
Alto Comedero	Lombricompuesto	Verduras, café, pasto seco y verde, estiércol de caballo, bagazo de cerveza	Triturado. Riego con microorganismos (mezcla comercial). Volteo.	90 días en temporada de calor. 150 días en temporada fría.
Lozano	Lombricompuesto	Cáscaras de frutas y verduras, material vegetal que barren del patio (ramas, hojas, frutos que caen)	No realiza.	90 días
Alto Comedero	Compost	Verduras, café, pasto seco y verde, estiércol de caballo y bagazo de cerveza	Triturado. Riego con microorganismos (mezcla comercial). Volteo. Prueba de puño.	90 días en temporada de calor. 150 días en temporada fría.

Fuente: elaboración propia.

Los valores de pH obtenidos oscilaron entre la neutralidad y una ligera alcalinidad (por ejemplo, en el lombricompuesto: 7,3 a 7,7 y en el compost: 7,5) como se muestra en la Tabla 2. Estos resultados coinciden con hallazgos previos de otros investigadores (Melgarejo et al., 1997; Castillo et al., 2000; Negro et al., 2000), quienes también observaron que los estiércoles animales tienden a ser alcalinos en contraste con los desechos de cocina y los restos vegetales, los cuales tienden a ser más ácidos o neutros. Es importante destacar que durante la fase de maduración, el pH disminuye y se encuentra en un rango de 7 a 8 debido a la capacidad amortiguadora de la materia orgánica, como es mencionado por Negro et al. (2000).

La conductividad eléctrica de las muestras de lombricompuesto variaron entre 0,399 a 1,40 dS.m⁻¹ y del compost fue de 0,771 (Tabla 2). Si se tiene en cuenta los límites recomendados por SENASA (2019), los valores obtenidos indican que los productos obtenidos tienen un bajo contenido de sales. El valor final de conductividad eléctrica está determinado por los materiales con que se ha elaborado el abono y se debe tener rigor con ella en función de la utilización que se dé al producto. No sería lo mismo obtener compost para uso como fertilizante para incorporar al suelo, que como sustrato de plantas hortícolas producidas en bandeja (Peña Turruella et al., 2002).

Los valores de C/N oscilaron entre 16 y 18 (Tabla 2), lo que indica que las muestras tienen una relación

C/N apropiada. Un compost se considera maduro cuando su relación C/N es menor de 20 y lo más cercano a 15 (Peña Turruella *et al.*, 2002). La relación C/N es un índice interesante para seguir la evolución de un proceso de compostaje. De acuerdo con Román *et al.* (2013) el rango ideal para la relación C/N inicial es de 15 a 35, ya que, si la relación es muy elevada (>35) disminuye la actividad biológica y, si es muy baja el compost tiende a aumentar la temperatura y se generan olores por el amoníaco liberado. Negro *et al.* (2000) menciona que una relación C/N final muy elevada indica un compost «inmaduro» provocando la inmovilización del nitrógeno mineral en el suelo, debido principalmente al alto contenido en sustancias hidrocarbonadas. Para Polo (2011) la relación C/N puede ser de utilidad para establecer índices de estabilidad, pero no de la madurez del lombricompost.

Tabla 2: Parámetros físico químico de abonos orgánicos provenientes de las huertas muestreadas.

Muestra	1	2	3	4	5
pH	7,7	7,6	7,4	7,3	7,5
CE (dS.m-1)	1,40	0,560	0,399	0,755	0,771
Carbono orgánico(%)	25,53	14,23	21,73	11,79	17,57
Nitrógeno total (%)	1,4	0,9	1,25	0,8	1,1
C/N	18	16	17	16	16
Materia orgánica (%)	44.02	24.53	37.04	20.32	30.28

Fuente: elaboración propia.

Los valores del contenido de materia orgánica oscilaron entre 20,32 y 44,02 % (Tabla 2). El valor más bajo fue obtenido en la muestra 4, donde no se utilizó estiércol en la materia prima para la elaboración de lombricompost. Estos resultados concuerdan con Castillo (2000), quien menciona que el estiércol presenta los valores más altos de materia orgánica, mientras que los residuos de cocina se encuentran un 29,5% por debajo de ellos. Por otro lado, Román *et al.*, (2013) establecen que el rango ideal de materia orgánica para un compost maduro es superior a 20%. Sin embargo, según Negro *et al.* (2000), el contenido de materia orgánica en el compost destinado a la aplicación en agricultura debe ser de al menos 25%.

Se encontró que, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos analizados, las muestras cumplen con los requisitos de calidad establecidos por SENASA (2019) para la producción de compost de «Clase A» (pH entre 5,0-8,5, conductividad eléctrica menor a 4 dS.m⁻¹, relación C/N menor o igual a 20, contenido de materia orgánica de al menos 20%). Lo que indica que los productos no tienen restricciones de uso ni de aplicación. Los abonos orgánicos analizados provienen de huertas urbanas, en las cuales se utilizó como materia prima residuos orgánicos de origen doméstico, lo que manifiesta uno de los beneficios del uso de compost en cuanto al reciclado de residuos. Negro *et al.*, (2000) menciona que una de las ventajas del compostaje, desde el punto de vista ecológico, es la eliminación y reciclado de muchos tipos de residuos. En este sentido, es importante destacar la importancia de este tipo de huertas en la reducción de residuos orgánicos en áreas urbanas y en la disminución de la huella de carbono (Chuctaya & Ccanahuire Maza, 2020). Además, la producción de alimentos en huertas urbanas puede tener un impacto positivo en la seguridad alimentaria de la población local y en la economía de la comunidad (Soler Montiel & Rivera Ferre, 2010). Se encontró que una de las preparaciones incorporó microorganismos benéficos a la pila junto con el agua de riego. Esto resultaría en una ventaja ya que al incorporar el preparado a la huerta se incorporarán en el suelo o sustrato favoreciendo la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Moncayo Vasquez (2021) menciona que éstos consorcios de microorganismos benéficos pueden

degradar sustancias perniciosas y transformar los elementos insolubles del suelo en nutrientes para las plantas; aumentan el acondicionamiento del suelo y aportan carbono para mantener la biodiversidad de micro y macro organismos reduciendo, así, la generación de patógenos. Se debe analizar si este tipo de microorganismo están disponibles para cualquier persona y si implican un gasto monetario relevante comparado con una preparación más sencilla.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que los abonos orgánicos, como lombricompost y compost, producidos en las huertas urbanas analizadas, cumplen con los estándares de calidad establecidos en la mayoría de las fuentes bibliográficas consultadas. Además, pueden clasificarse dentro de la categoría «Clase A» de acuerdo con los parámetros analizados. Esto sugiere que los materiales usados fueron aptos para compostar como así también el proceso se cumplió de forma correcta para todos los casos.

Es necesario conocer también los valores de inocuidad referidos a los microorganismos perjudiciales para asegurar la ausencia de patógenos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los huerteros urbanos no consideran realizar controles a través de análisis de laboratorio puesto que resulta en un costo elevado para el objetivo de uso de sus abonos. Por lo tanto, la elaboración de métodos sencillos para comprobar la calidad de los preparados para garantizar su inocuidad es fundamental para los huerteros.

Se requiere de más estudios para determinar el impacto del compost y lombricompost en la producción de cultivos específicos y para evaluar su efecto en áreas urbanas diferentes.

AGRADECIMIENTO

A los huerteros urbanos entrevistados que han permitido el ingreso a sus huertas.

Al Laboratorio de Suelo y Agua «Avelino Bazán» de la Facultad de Ciencias Agrarias- UNJu, a su director Ing. Agr. Raúl Colque y colaboradores.

BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, A. E., Quarín, S. H. & Iglesias, M. C. (2000). Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura técnica*, 60(1), 74-79. Recuperado de: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072000000100008
- Chilón Camacho, E. (2018). Efecto de activadores biológicos locales sobre la microbiota y la calidad del compost en el Centro Experimental de Cota Cota, periodo abril-junio 2018: Eduardo Chilón Camacho. *Apthapi*, 4(2), 1227-1243. Recuperado de: <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/227>
- Chuctaya Chuctaya, E. Y. & Canahuire Maza, J. E. (2020). Análisis de la técnica del vermicompostaje para obtener abono orgánico contribuyendo al mejoramiento de los suelos. Recuperado de: http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16406/1/CCANAHUIRE_MAZA_JOS_VER.pdf
- Lamberti, D. A. (2016). *Agricultura familiar en San Salvador de Jujuy, Argentina: una aproximación antropológica sobre procesos de construcción de tecnología en tiempos de globalización*. Recuperado de: <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/4253>
- Lazcano, C. & Domínguez, J. (2011). The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. *Soil nutrients*, 10(1-23), 187. Recuperado de: <http://jdguez.webs.uvigo.es/wp-content/uploads/2012/01/the-use-of-vermicompost.pdf>

- Melgarejo, M. R., Ballesteros, M. I. & Bendeck, M. (1997). Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y composts derivados de diferentes sustratos. *Revista colombiana de química*, 26(2), 11-19. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/16360>
- Moncayo Vasquez, B. S. (2021). Calidad de compost a partir de residuos orgánicos domiciliarios, con aplicación de microorganismos benéficos.
- Moreno Flores, O. (2007). *Agricultura Urbana: Nuevas Estrategias de Integración Social y Recuperación Ambiental en la Ciudad*. Recuperado de: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/117766>
- Mu, M., Yang, F., Han, B., Li, Q., Ding, Y. & Zhang, K. (2023). Implications of vermicompost on antibiotic resistance in tropical agricultural soils—A study in Hainan Island, China. *Science of The Total Environment*, 164607. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972303228X>
- Negro, M. J., Villa, F., Aibar, J., Aracón, R., Ciria, P., Cristóbal, M. V., ... & Zaragoza, C. (2000). Producción y gestión del compost. Recuperado de: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>
- Peña Turruella, E., Carrión Ramírez M., Martínez F., Rodríguez A. N. & Compiononi N. C. (2002). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana INIFAT, patrocinado por el programa de las naciones unidas para el desarrollo Cuba, págs. 23-65. Recuperado de: https://www.redmujeres.org/wp-content/uploads/2019/01/manual_abonos_agricultura_urbana.pdf
- Polo, A. M. (2011). Evaluación de la calidad del humus producido por *Eisenia* spp. a partir de tres sustratos orgánicos. Utilidad en agricultura y ecotoxicología. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de magister scientiarum en biología aplicada, mención botánica aplicada. Universidad de oriente núcleo de Sucre. Cumaná, Venezuela. Recuperado de: http://ri2.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/3592/1/TESIS_AMPH.pdf
- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes, U., De Paul-Álvarez, V., Palomogil, A., ... & Moreno-Reséndez, A. (2007). Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 13(2), 185-192. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60913280011>
- Román, P., Martínez, M. P. & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. FAO. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Servicio de control y monitoreo ambiental (2019). Resolución conjunta 1/2019. Ciudad de Buenos Aires: SENASA. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1-2019-318692/texto>
- Soler Montiel, M. M. & Rivera Ferre, M. G. (2010). Agricultura urbana, sostenibilidad y soberanía alimentaria: hacia una propuesta de indicadores desde la agroecología. Recuperado de: <https://idus.us.es/handle/11441/88300>