

Agraria

Revista

Científica

Facultad de Ciencias Agrarias



UNJu
Universidad
Nacional de Jujuy

Vol. XI N°18 - Año 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY

Rector

Lic. Rodolfo Alejandro Tecchi

Vicerrector

Dr. Ricardo Enrique Gregorio Slavutsky

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNJu

Decano

Ing. Agr. Dante Fernando Hormigo

Vicedecano

Dra. Noemi Bejarano

Sec. Académica: **MSc. Susana E. Álvarez**

Sec. Administrativa: **Ing. Agr. Alejandro Zelaya**

Sec. Extensión y Difusión: **Dra. Natalia Ávila Carreras**

Sec. Ciencia y Técnica: **Dr. Marcelo R. Benítez Ahrendts**

COMITÉ EDITOR

Dr. Marcelo Benitez Ahrendts

Dr. Marcos Vaira

REVISIÓN Y TRADUCCIÓN

Master Esp. Trad. Liliana Beatriz Chávez

EDICIÓN Y DISEÑO

D.G. Marina Schimpf

COMITÉ EDITOR LOCAL

MSc. Gabriela Fernández

Dra. Julia Santapaola

Dra. Leonor Carillo

Dra. María Inés Zamar

Esp. Mónica Valdiviezo Corte

Dra. Noemí Bejarano

Dra. Norma Farfán

MSc. Patricia Arias

MSc. Sandra Giunta

Dra. Silvina Maldonado

MSc. Susana Álvarez



Facultad de Ciencias Agrarias

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

Agraria es producida y financiada por la
Facultad de Ciencias Agrarias - UNJu



UNJu
Universidad
Nacional de Jujuy

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE *Meloidogyne arenaria* (NEAL) CHITWOOD NEMATODO NODULADOR DEL CULTIVO DE POROTO EN LA PROVINCIA DE JUJUY, ARGENTINA

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF *Meloidogyne arenaria* (NEAL) CHITWOOD ROOT-KNOT NEMATODE OF BEANS CROPS IN JUJUY PROVINCE, ARGENTINA.

Gallardo, C. B.¹, Achinelly, M. F.², Cap, G. B.³, Nico, A.⁴ y Brito, J. A.⁵.

RESUMEN

Argentina es el quinto productor de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) del continente americano y el 99% de la producción nacional se concentra en las provincias del noroeste. Los nematodos del nudo de la raíz pertenecientes al género *Meloidogyne* son importantes plagas del cultivo de poroto en esta región pero hasta el presente, la identificación de las especies se realiza sobre la base de los caracteres morfológicos externos de la hembra adulta. El objetivo de este estudio fue identificar *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, asociada al cultivo de poroto alubia en la provincia de Jujuy (Argentina). Las muestras procedieron de raíces noduladas de plantas de var. alubia de un campo ubicado en Río Blanco (Jujuy, Argentina). Para aumentar el número de individuos se realizó la cría en plantas de *Impatiens* sp. en invernadero. Hembras adultas coincidieron con la descripción de *Meloidogyne arenaria* (Neal). Para el análisis molecular hembras extraídas de raíces se mantuvieron individualmente en etanol 96%. El ADN mitocondrial fue amplificado usando los siguientes cebadores: MORF (5'-ATCGGGGTTTAATAATGGG-3'), MTHIS (5'-AAATTCAATTGAATTAATAGC-3'), TRNAH (5'-TGA ATT TTT TAT TGT GAT TAA-3') y MHR 106 (5' – ATT TCC TAA AGA CTT TTC TTA GT-3'). Un fragmento de 740 y 550 pares de bases respectivamente se obtuvo con los cebadores descritos anteriormente. Posteriormente se usó el cebador SCAR específico de *M. arenaria* Far (5'-TCGGCGATAGAGGTAAATGAC-3'), Rar (5'TCGGCGATAGACACTACAAC-3') obteniendo un fragmento de aproximadamente 430 pb coincidiendo con *M. arenaria*. Este reporte constituye la primera caracterización molecular de *M. arenaria* sobre raíces de poroto alubia para Argentina.

Palabras claves: Identificación. *Meloidogyne*. Poroto.

SUMMARY

Argentina is the fifth largest producer of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) on the American continent, 99% of the national production is concentrated in the northwest provinces. Root knot nematodes belonging to the genus *Meloidogyne* are important pests of the bean crop in this region but until now, species identification is made on the basis of the external morphological characters of the adult female. The objective of this study was to identify *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, associated with bean crops in the province of Jujuy (Argentina). The samples came from nodular roots of var. Alubia from a field located in Río Blanco (Jujuy, Argentina). To increase the number of individuals, they were bred in *Impatiens* sp. in greenhouse. Adult females coincided with the description of *Meloidogyne arenaria* (Neal). To perform the molecular analysis females extracted from roots were individually kept in 96% ethanol. Mitochondrial DNA was

amplified using the following primers: MORF (5' - ATCGGGGTTTAATAATGGG-3'), MTHIS (5' - AAATTCAATTGAATTAATAGC-3'), TRNAH (5' - TGA ATT TTT TAT TGT GAT TAA-3') and MHR 106 (5' - ATT TCC TAA AGA CTT TTC TTA GT-3'). A fragment of 740 and 550 base pairs respectively was obtained with the primers described above. Subsequently, the specific SCAR primer of *Meloidogyne arenaria* Far (5' - TCGGCGATAGAGGTAAATGAC-3'), Rar (5'-TCGGCGATAGACACTACAACT-3') was used, obtaining a fragment of approximately 430 bp coinciding with *M. arenaria*. This report is the first molecular characterization of *M. arenaria* on alubia beans for Argentina.

Keywords: Beans. Identification. *Meloidogyne*.

INTRODUCCIÓN

La República Argentina es el quinto productor de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) del continente americano y el 99% de la producción nacional se concentra en la región del noroeste (Gallardo y otros, 2016). La provincia de Salta, cubre el 62,6% del total nacional, seguida por Tucumán, mientras que Jujuy produce el 6,4%. En 2016 las exportaciones totales de poroto alcanzaron las 354.872 ton y colocaron al país en el sexto lugar mundial entre los países exportadores (Informe de Cadenas de Valor, 2016). Las perspectivas de este cultivo son alentadoras ya que hay un sostenido aumento de la demanda brasileña y mexicana, tendencia que no parece modificarse en el mediano plazo (Foastat, 2016).

Además de los insectos plaga y de las enfermedades que afectan a este cultivo, se encuentran los nematodos (Nematoda). Entre estos últimos los que afectan el cultivo de poroto en el NOA, pertenecen al género *Meloidogyne*. Estos organismos comprenden un grupo de nematodos endoparásitos obligados con una amplia gama de plantas hospedadoras y una incalculable potencialidad de impacto económico sobre múltiples cultivos agrícolas en diversas partes del mundo (Pagan y otros, 2015). En Argentina estos nematodos han sido mencionados como parásitos de numerosas plantas cultivadas en prácticamente la totalidad de nuestro territorio (Doucet y Lax, 2007). Las especies de este género se caracterizan por ser endoparásitos sedentarios y los juveniles de segundo estadio ingresan a la raíz por la zona subapical y migran intercelularmente hasta dar con el cilindro vascular. Una vez situados allí pierden la movilidad e inducen la formación en el hospedador de sitios especiales de alimentación, que resultan en potentes sumideros de fotoasimilados. La continuidad del haz vascular

se ve interrumpida y se altera la funcionalidad de la raíz. La caracterización precisa de las poblaciones de nematodos presentes es esencial para implementar estrategias de manejo tales como la utilización de cultivares resistentes, control biológico y rotación de cultivos, que dependerán de la especie y la raza del nematodo plaga. Del mismo modo el diagnóstico preciso de las especies y las razas es fundamental para la elaboración de normas de vigilancia y cuarentena. La identificación de las especies de *Meloidogyne* exige no sólo la correcta caracterización morfológica sino una clasificación subespecífica que debe recurrir a métodos suplementarios. En efecto los métodos bioquímicos y moleculares de identificación permiten entre estos nematodos agalladores confirmar los resultados que se obtienen con métodos morfométricos clásicos, así como discriminar grados mayores de especialización fisiológica, tal como la existencia de "razas". Por ello el objetivo del presente trabajo consistió en caracterizar molecularmente una población de *Meloidogyne arenaria* nematodo nodulador del cultivo de poroto *P. vulgaris* en la provincia de Jujuy, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material inicial de estudio se recolectó durante 2016 de un campo cultivado con poroto blanco var. alubia en la localidad de Río Blanco (24°13' 40"S y 65°14'40.70"W), provincia de Jujuy. En el laboratorio de la Cátedra de Zoología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy se procedió a separar las raíces noduladas de poroto obtenida del campo, de las que se extrajeron las masas de huevos. Luego se colocó una masa de huevos por maceta en plantas de *Impatiens* sp., limpias de otros nematodos. Para ello se las cultivó sobre tierra tindallizada. Transcurridos 60

días se tomaron muestras de nematodos de las raíces noduladas de *Impatiens sp.* para realizar las preparaciones microscópicas de acuerdo con la metodología de Eisenback, 1985. Para la identificación específica de *Meloidogyne spp.* se estudió la morfología de los patrones perineales, altura del arco dorsal, presencia de campos laterales, forma y grosor de las estrías (Hartman y Sasser, 1985; Jepson, 1987).

Identificación molecular

Una hembra de *Meloidogyne* fue transferida a un tubo Eppendorf en etanol 96%. El ADN fue extraído usando el protocolo del kit de extracción Quiagen (Quiagen R). Los nematodos fueron disgregados utilizando el buffer ATL y proteinasa K, e incubados en agua caliente a 56°C. La región del ADN mitocondrial entre la subunidad COII y la subunidad ribosomal mayor fue amplificada usando los siguientes cebadores: MORF (5'-ATCGGGGTTTAATAATGGG-3'), MTHIS (5'-AAATTCAATTGAATTAATAGC-3'), TRNAH (5'-TGAATT TTT TAT TGT GAT TAA-3') y MHR 106 (5'-ATT TCC TAAAGACTT TTC TTAGT-3'). La PCR fue llevada a cabo usando un termociclador Eppendorf en volumen de reacción de 25 ul consistiendo de: 1ul de ADN templado, 1.25 ul de 0.5 uM de cada primer, 9 ul de agua estéril y 12.5 ul de Master Mix QIAGEN. Para asegurar confirmar aún más la identificación de la especie se utilizó el cebador específico SCAR para la especie *M. arenaria*, Far (5'-TCGGCGATAGAGGTAAATGAC-3'), Rar (5'TCGGCGATAGACACTACAACT-3'). La PCR para los pares de primers MORF/M-THIS y TRNAH/MHR 106, consistió de una desnaturalización inicial de 15 minutos a 95°C; 45 ciclos de desnaturalización a 95°C durante 30s, a 61°C durante 30s y extensión a 72°C durante 60s, un único período de extensión final de 72°C por 7 minutos. Mientras que para los primers Far/Rar las condiciones de amplificación fueron: 95°C durante 15'; 35 ciclos de desnaturalización a 94°C durante 30s, a 50°C durante 30s y extensión 68°C durante 60s; un único período de extensión final de 68°C por 7 minutos. Todos los productos de PCR se analizaron mediante electroforesis en geles de agarosa al 1,5% durante 60 minutos y se visualizaron mediante tinción con bromuro de etidio.

Un ejemplar tipo de la especie de *Meloidogyne* identificada se depositó en la Colección de Nematología del Laboratorio de Zoología Agrícola de

la Universidad Nacional de Jujuy.

RESULTADOS

Los patrones perineales y la selección de caracteres morfométricos de hembras adultas como: referidos al cuerpo, forma del estilete y largo de cola coincidieron con la descripción de *Meloidogyne arenaria* (Neal 1889) Chitwood, 1949. (Figura 1).

A través del análisis molecular se obtuvo un fragmento de aproximadamente 740 pb y 550 pb con cada uno de los conjuntos de cebadores MORF/MTHIS y TRNAH/MHR 106, respectivamente (Figura 2). El conjunto de cebadores SCAR Far/Rar produjo un fragmento de aproximadamente 430 pb, el cuál es idéntico al informado previamente para *M. arenaria* (Figura 2). Una búsqueda de BLAST de Genbank produjo una coincidencia del 99% con *M. arenaria* población Malino 2 (Genbank KP234264.1) y 98% *M. arenaria* población SCAR marcador 3 (Genbank KP253748.1). Cebadores empleados SCAR – Far/Rar usando como testigo *Meloidogyne javanica*. (Ref. 1, 3,4 *M. arenaria* 430pb. 2- Control *M. javanica*) (Fig. 3).

DISCUSIÓN

Al presente, el reconocimiento de especies de *Meloidogyne* que afectan cultivos de poroto en la provincia de Jujuy se realiza mediante caracteres morfológicos de hembras adultas (Muruaga de L'Argentier y otros, 2007; Gallardo y otros 2016). Los resultados obtenidos en este estudio ofrecen una alternativa para dar mayor certeza a la identificación de nematodos plaga de cultivos de importancia comercial para la provincia de Jujuy.

Las metodologías moleculares por PCR, son de creciente importancia en el diagnóstico y la filogenia de este género, que incluyen claves moleculares para la determinación de varias de las especies, basada en la amplificación, secuenciación y análisis de polimorfismos de la longitud de los fragmentos amplificados (Power y Harris, 1993; Adams y otros, 2007; Meng y otros., 2004; Moens y otros, 2009).

Meloidogyne arenaria ha sido citada en Argentina para varios cultivos como poroto, tabaco, tomate, sin embargo la única caracterización molecular ha sido realizada para poblaciones en asociación con el cultivo de tomate en la localidad de Tupungato

provincia de Mendoza (García y Sánchez Puerta, 2012).

La técnica molecular fue muy precisa y los resultados mostraron la alta sensibilidad y confiabilidad para la identificación de las distintas especies de *Meloidogyne*. (Figuras 2 y 3).

CONCLUSIÓN

Este reporte constituye la primera caracterización molecular de *M. arenaria* sobre raíces de poroto alubia para la provincia de Jujuy y para Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

Adams M. A. M., Phillips M. S., and Blok B. C. 2007. Molecular diagnostic key for identification of single juvenile of seven common and economically important species of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.). *Plant Pathology*. 56, 190–197.

Doucet M. E., and Lax P. (2007). El género *Meloidogyne* y su situación con respecto a la Agricultura en Argentina. *Anales Acad. Nac. Agr. Vet.* 61, 31–50.

FOASTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations- FAO. 2016. Base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://fao.org>

Eisenback, J. D. 1985. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) 95-112. In J. N. Sasser y C. C. Carter de *An advanced treatise on Meloidogyne*. Vol. 1. Biology North Carolina State University Graphics.

Gallardo, C., Quintana de Quinteros, S., Bautista, R., Cap, G. y Nico, A. 2016. Asociación del nematodo *Meloidogyne* incognita con *Phaseolus vulgaris* L. en la localidad de Río Blanco – Dpto. Palpalá – Provincia de Jujuy. *RANA. Revista Agronómica del Noroeste Argentino. Suplemento* 36(1). 82.

García E., and Sánchez-Puerta M. (2012). Characterization of a Root-Knot Nematode Population of *Meloidogyne arenaria* from Tupungato (Mendoza,

Argentina). *Journal of Nematology* 44 (3), 291-30.

Hartman, K L. y J. N. Sasser. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal-pattern morphology. pp. 69-77. En: *An Advanced Treatise on Meloidogyne. Vol. II: Methodology* (Barker, K.R., Carter C. C., y Sasser, J.N., eds.). North Carolina State University Graphics, Raleigh. Pp. 69-78. In: Barker, K. R. Carter, C. C. *Volume II. Methodology*. Raleigh: North Carolina State University Graphics.

Informe de Cadenas de Valor 2016. Legumbres. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas. Presidencia de la Nación. Año 1 N°20.40pp.

Jepson, S. 1987. Identification of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* species) CAB International, Wallingford, UK. 265 pp.

Meng Q., Long H. y Xu J. 2004. PCR assays for rapid and sensitive identification of three major root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria*. *Acta Phytopathologica Sinica*. 34, 204–210.

Moens M., Perry R., and Starr J. 2009. *Meloidogyne* species- a diverse group of novel and important plant parasites. *Root-knot nematodes*, 1, 483.

Muruaga de L'Argentier, S.; Gallardo, C.; Quintana de Quinteros, S. y Vilte, H. 2007. Nematodos fitófagos de importancia agrícola de diferentes localidades de la provincia de Jujuy – NOA Argentina. *EdiUNJu. Año* 2007. Vol. III (10) 41-48.

Perry R, Moens M y Starr J. (eds). *Root-knot nematodes*, 1. Wallingford, UK. 483 pp.

Powers T., and Harris T. 1993. A polymerase chain reaction method for the identification of five major *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 25, 1–6.

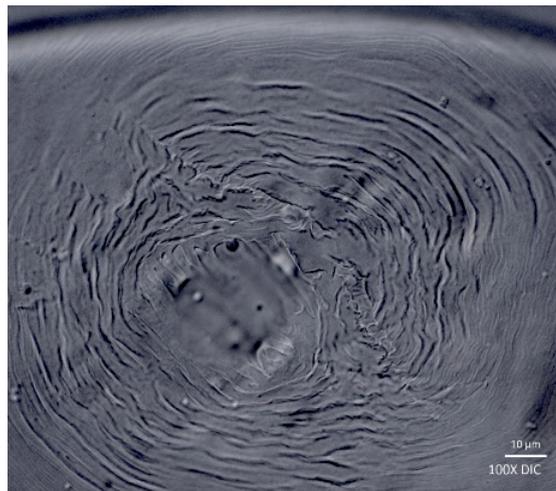


Fig. 1. *M. arenaria*. Patrón perineal de la hembra adulta.

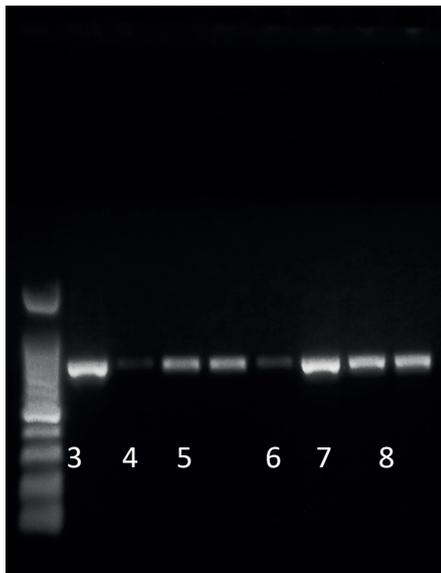


Fig. 2. Patrones de bandeo obtenidos a partir del ADN mitocondrial de hembras de *Meloidogyne* asociadas a raíces de poroto.



Fig. 3. Cebadores empleados SCAR – Far/Rar usando como testigo *Meloidogyne javanica*. (Ref. 1,3,4 *M. arenaria* 430pb. 2- Control *M. javanica*)

AJUSTE DE LA ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE HARGREAVES Y SAMANI A LA METODOLOGÍA DE PENMAN-MONTEITH (FAO, 56), PARA LOCALIDADES DEL NOROESTE ARGENTINO

ADJUSTMENT OF HARGREAVES AND SAMANI EVOTRANSPIRATION ESTIMATE TO THE PENMAN-MONTEITH METHODOLOGY (FAO, 56), FOR LOCATIONS IN NORTHWESTERN ARGENTINA

Moreno, C.A.¹; Hurtado, R.H.¹; Portal, M.R.¹; Valdiviezo Corte, M.B.¹; Riquelme, A.¹; Alabar, F.¹; Mayo, H.¹.

RESUMEN

La evapotranspiración potencial (ETP) es un parámetro fundamental en el balance de energía tierra-atmósfera e indispensable para la suplementación del agua en el suelo. La metodología más precisa que se reconoce como un estándar es de Penman-Monteith (PM) modificada en FAO 56 (PM-FAO 56), pero una limitante son los numerosos parámetros necesarios para su cálculo. En el noroeste argentino existe dificultad a la hora de estimar la ETP, por escasez de registros. Para éste trabajo se utilizaron siete estaciones meteorológicas, tres de la provincia de Jujuy (La Quiaca, Jujuy Aero y Augusto Romain), tres de Salta (Orán, Tartagal y Salta Aero) y una de Tucumán (Tucumán Aero), para estimar la ETP por PM-FAO 56, Thornthwaite, Thornthwaite-Camargo y Hargreaves y Samani (H-S). El objetivo, es comparar PM-FAO 56, con las demás metodologías, encontrar la que mejor ajusta y obtener una función general para estaciones que no poseen datos suficientes para estimarla por el método de referencia. Los resultados muestran que la ecuación de H-S es la más satisfactoria, con un valor de coeficiente de determinación de 0,88. La distribución espacial de los valores ajustados con la nueva expresión de ETP, aumenta de oeste a este en forma mensual y anual.

Palabras claves: Evapotranspiración potencial. Comparación. Metodologías. Noroeste Argentino.

SUMMARY

Potential evapotranspiration (PET) is a fundamental parameter in the balance of Earth-Atmosphere energy and essential for water supplementation in the soil. The most accurate methodology is Penman-Monteith (PM) modified in FAO 56 4-(PM-FAO 56), which is recognized as a standard but a limitation is the numerous parameters necessary for its calculation. In the Argentine northwest there is difficulty when estimating the ETP, due to a lack of records. For this work seven meteorological stations were used, three from the province of Jujuy (La Quiaca, Jujuy Aero and Augusto Romain), three from Salta (Oran, Tartagal and Salta Aero) and one from Tucumán (Tucumán Aero), to estimate the ETP by PM-FAO 56, Thornthwaite, Thornthwaite-Camargo and, Hargreaves and Samani (HS). The objective is to compare PM-FAO 56, with the other methodologies, to find out the one that best fits and to obtain a general function for stations that do not have enough data to be calculated by the reference method. The results show that the H-S equation is the most satisfactory, with a coefficient of determination value of 0.88. The spatial distribution of the adjusted values with the new expression of ETP, increases from west to east on a monthly and annual basis.

Keywords: Comparison. Methodologies. Northwest Argentine. Potential Evapotranspiration

INTRODUCCIÓN

El uso de modelos informáticos en la agricultura para simular condiciones a campo se ha generalizado. Actualmente la mayor parte de ellos, son utilizados para la evaluación de la humedad del suelo, la predicción del rendimiento de los cultivos, la planificación del riego y los estudios hidrológicos, entre otras aplicaciones. Estos modelos emplean el concepto ampliamente aceptado de evapotranspiración potencial (ETP) como función matriz para el cálculo de la evapotranspiración real.

Rosenberg (1974) define a la ETP como la evaporación de una superficie extendida de un cultivo en estado vegetativo y de poca altura, que sombreo completamente al suelo, siempre está bien provista de agua y ejerce poca resistencia al flujo de ésta. Existen varios métodos de cálculo de ETP y los mismos generalmente producen resultados similares aunque no idénticos. Hatfield (1996), considera tres categorías: directos, indirectos y de simulación del balance de agua en el suelo. Los primeros utilizan instrumentos como el método gravimétrico, lisimétrico y el evapotranspirómetro de Thornthwaite. Los indirectos estiman el requerimiento de agua en el ciclo vegetativo del cultivo, mediante fórmulas empíricas (Thornthwaite (1948), Turc (1961), Papadakis (1961), Blaney-Criddle (1977)); con base fisicomatemática (Bowen (1926), Penman (1948) y Van Bavel (1968)) o combinación de ambas (Penman-Monteith (1949), Jensen-Haise (1963) y Doorenbos-Pruitt (1977)).

Brutsaert (1982) revisa en detalle los métodos directos de medición de la evapotranspiración, que son costosos y que consumen mucho tiempo. Sin embargo, las estimaciones de evapotranspiración basadas en datos climatológicos disponibles son posibles empleando el concepto de ETP. Este concepto es ampliamente aceptado y fue propuesto por primera vez por Thornthwaite (1944, 1948), quien sugirió que la transpiración de la vegetación abundantemente suministrada con agua procedía de la misma a una velocidad gobernada por las características de la atmósfera. De hecho, el concepto original de Thornthwaite establecía que el ETP era igual al uso consuntivo (necesidad de agua de las plantas) en la agricultura de regadío. A partir de la definición de ETP, se minimizó la variación en la evaporación resultante del componente de la vegetación especificando un crecimiento activo y

completo de un dosel de baja altura. Los efectos del contenido de agua del suelo en la evaporación se normalizaron exigiendo que el suelo se suministre abundantemente con agua. Los problemas en la utilización del concepto de ETP están relacionados con el carácter impreciso de la definición, siendo ésta una abstracción. Las tasas de ETP, rara vez prevalecen en la naturaleza. La disponibilidad de agua en la superficie de evaporación y la concentración de vapor de agua en la atmósfera determinan la velocidad de evaporación. Si se agrega agua a las superficies mediante irrigación o precipitación, se elimina esencialmente toda la variabilidad asociada con la disponibilidad de agua. Debido a que los efectos de la evaporación en superficies bien irrigadas parecen ser esencialmente similares (Gay, 1981), muchos estudios han tratado de estimar la evaporación únicamente a partir de los parámetros medibles de la atmósfera.

De los métodos indirectos de cálculo de ETP, el que más se aproxima al valor medible, es la expresión de Penman-Monteith FAO 56, la cual es considerada como referencia para calibrar otras expresiones de estimación. Autores como Xu & Singh (2001 y 2002), Droogers & Allen (2002), (Bautista et al. (2009) y Vega y Jara (2009) contrastaron los resultados obtenidos por distintos métodos incorporando algunos y ajustando otros en las ecuaciones empíricas, para adaptar los modelos a la realidad local.

En algunos países como Canadá, los métodos más comunes en uso incluyen adaptaciones a la ecuación de Jensen-Haise (1963), a las fórmulas de Baier-Robertson (1965) y a la de Priestley-Taylor (1972), de acuerdo a las sugerencias de Allen y otros (2006) en FAO 56.

En Estados Unidos de Norteamérica, y específicamente para el estado de La Florida, Douglas et al. (2009), determinaron que las ecuaciones de Priestley-Taylor (1972) y Turc (1961), son las que mejor se adaptan a la de Penman-Monteith FAO 56 (PM-FAO 56). Para las condiciones del Altiplano Boliviano, García et al. (2004), compararon las expresiones de PM, Hargreaves-Samani (H-S) y Thornthwaite, con la ETP de un cultivo de gramíneas, tomado como referencia (ETPo), concluyendo que la mejor expresión la constituye la de PM, seguida por H-S. En Venezuela, Trezza (2008), comparó métodos de estimación de la ETP a nivel mensual para zonas andinas en su país, determinando que la

mejor ecuación es la de Hargreaves y Samani (1985), siendo la principal ventaja de ésta, la disponibilidad de información en casi todo el país.

En Argentina, se han contrastado diferentes metodologías de estimación de la ETP con el objetivo de detectar alternativas al método de PM. Ocampo y Rivas (2011), analizaron diferentes expresiones de cálculo para zonas de clima húmedo, semiárido y árido (región pampeana y llanura patagónica). Fernández Long y otros (2014), comparando métodos de ETP concluyen que el método de H-S puede ser aplicado en distintas ecorregiones del país. Sin embargo, no se ha explorado este tipo de comparación para regiones con diferentes características climáticas y fitogeográficas, como ocurre en la provincia de Jujuy.

Los modelos para el cálculo de ETP basados exclusivamente en elementos atmosféricos, dependen de la capacidad de ellos para producir estimaciones consistentes y significativas de ETP dependiendo de la disponibilidad de información de las variables atmosféricas. La ecuación de PM presenta la limitación de necesitar para su estimación numerosos parámetros, sin embargo, es reconocida como un estándar para compararla con otras ecuaciones propuestas por distintos autores. Por otro lado, están aquellas más simples, que requieren sólo temperatura del aire y latitud del lugar (Thornthwaite, 1948), aunque en la mayoría de los casos, no estiman adecuadamente la demanda atmosférica. Una alternativa es la utilización del método de H-S, el cual es de uso general y sólo precisa el valor de la radiación astronómica y registros de temperatura media, máxima y mínima, datos de fácil obtención para nuestras zonas de producción. El mismo ha sido comparado con éxito con la ETP- PM, ajustando sus resultados adecuadamente.

El objetivo de este trabajo es estimar la ETP por tres métodos diferentes, contrastarla con la de Penman-Monteith FAO 56 y obtener una función general aplicable a localidades del noroeste argentino que no poseen datos climáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para estimar la evapotranspiración por las metodologías de Penman-Monteith sugerida por Allen y otros (2006) en FAO 56 (PM-FAO 56) y de Hargreaves-Samani (H-S), se han utilizado datos provenientes de una estación de la Cátedra de

Agroclimatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy en convenio con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y de seis estaciones pertenecientes al SMN localizadas en las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán, (cuadro 1 y figura 1).

Estaciones	Latitud	Longitud	asnm
1. Romañ	-24,20	-65,32	1259
2. La Quiaca	-22,10	-65,60	3458
3. Jujuy Aero	-24,38	-65,12	936
4. Orán Aero	-23,13	-64,33	362
5. Tartagal Aero	-22,53	-63,82	502
6. Tucumán Aero	-26,80	-65,20	426
7. Salta Aero	-24,78	-65,40	1187

Cuadro 1: Georreferenciación y altura sobre el nivel del mar de las estaciones en estudio.

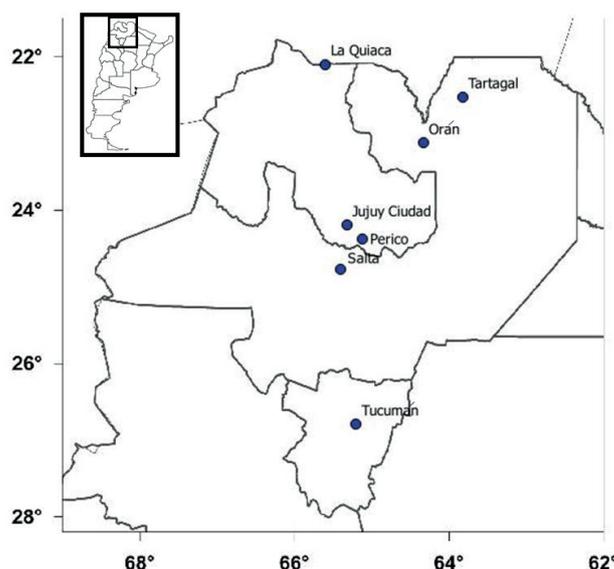


Figura 1: Ubicación de las estaciones utilizadas para estimar la ETP-PM.

La información corresponde al periodo 1986 -2017. Para ajustar la expresión ETP por H-S, se ha trabajado con datos de temperaturas medias mensuales de 355 localidades (Figura 2) de las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán (Bianchi y Yañez, 1994). Las temperaturas mínimas medias mensuales se obtuvieron de Pascale y otros (2001) para las mismas localidades, y las temperaturas máximas medias mensuales se calcularon por diferencia del doble de la temperatura media mensual y la temperatura mínima mensual.

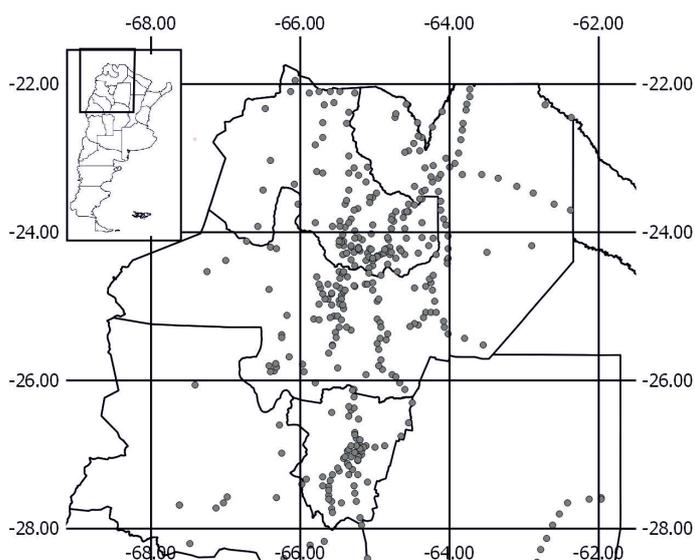


Figura 2: Ubicación de las estaciones con información de temperatura máxima, mínima y media estimadas por Bianchi y Yañes, (1994); y Pascale y otros, (2001).

Para determinar la expresión de estimación de ETP que mejor se aproxima a la ecuación de Penman-Monteith FAO 56 (PM-FAO 56) se han utilizado las de: Thornthwaite, 1948 (TH); Thornthwaite-Camargo, 1971 (TH-C) y Hargreaves y Samani, 1985 (H-S). Las variables utilizadas para cada ecuación figuran en el cuadro 2.

Ecuaciones	Lat.	T med	T max	T min	HR	Vv	He	Ra	e
PM-FAO 56	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TH	x	x							
T-C	x	x	x	x					
H-S	x	x	x	x				x	

Cuadro 2: Variables utilizadas en cada modelo para cálculo de la ETP.

Referencias: Latitud (Lat.), Temperatura media (T med), Temperatura máxima (T max), Temperatura mínima (T min), Humedad relativa (HR), Velocidad del viento (Vv), Heliofanía efectiva (He), Radiación astronómica (Ra) y Tensión de Vapor Actual (e).

La función de ajuste que mejor se asocia entre la ETP de PM-FAO 56 y las demás ecuaciones de estimación, se obtuvo mediante una función lineal, con significancia estadística al 99% (t de Student), a través del coeficiente de correlación (R), cuyos parámetros empíricos de ajustes se aplicaron posteriormente a las estaciones con información de temperatura únicamente.

A continuación, se calcularon las diferencias entre los valores de evapotranspiración de los métodos PM-FAO 56 y H-S mod-PM para cada estación en forma porcentual.

Mediante la metodología de interpolación denominada Kriging con el software Surfer v.10, se representó espacialmente para las provincias de Jujuy y Salta, la ETP ajustada en forma mensual y anual a través de isólinas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 3, muestra las asociaciones entre los diferentes modelos de estimación de ETP y el de PM-FAO 56, con un nivel de significancia del 99%. Como se puede observar, la relación que mejor ajusta es la obtenida por Hargreaves-Samani (1985), con valores de correlación de 0.93 para la estación Jujuy Aero a 0.99 para las estaciones de Tucumán Aero y Orán Aero, al igual que las estimadas por Trezza (2008) y Fernández Long y otros (2014).

Estaciones	TH	SE	TH-C	SE	H - S	SE
Romain	0,90	**	0,92	**	0,97	**
La Quiaca	0,77	**	0,77	**	0,98	**
Jujuy Aero	0,70	**	0,92	**	0,93	**
Orán Aero	0,87	**	0,98	**	0,99	**
Tartagal Aero	0,78	**	0,96	**	0,97	**
Tucumán Aero	0,86	**	0,97	**	0,99	**
Salta Aero	0,79	**	0,96	**	0,98	**

Cuadro 3: Coeficientes de correlación (R) entre Penman-Monteith (PM-FAO 56) y Thornthwaite (TH), Thornthwaite – Camargo (TH-C) y Hargreaves-Samani (H-S), para las distintas estaciones del NOA y significancia estadística (SE) al 99 % (**).

De los tres métodos analizados el que más información meteorológica necesita es Hargreaves-Samani (1985), seguido por Thornthwaite y Camargo (1971) y por último la ecuación de Thornthwaite (1948). El primero considera parámetros térmicos (temperaturas máximas, mínimas y medias) y radiación astronómica, que varía con la latitud y época del año. En coincidencia con Trezza (2008), la mejor relación entre PM-FAO 56 y H-S estuvo dada por el término radiativo.

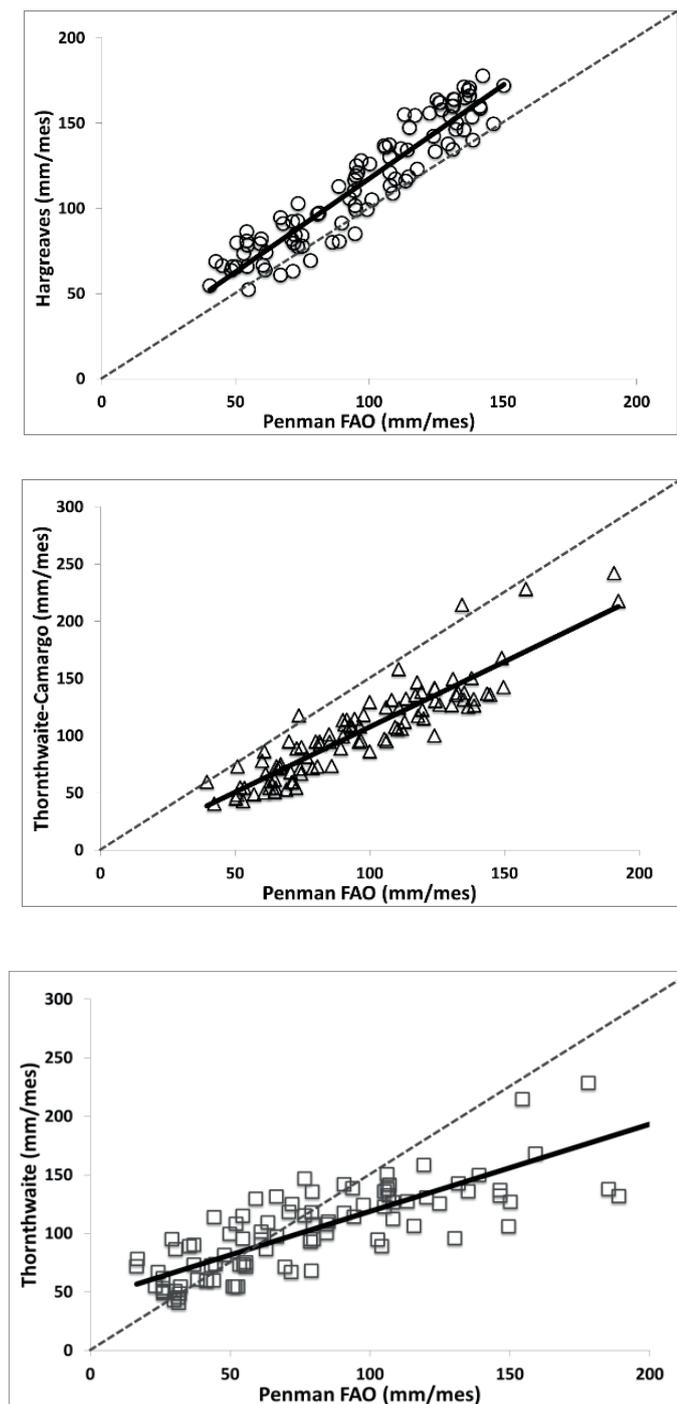


Figura 2 a, b y c: Dispersión entre los métodos de H-S (a), T-C (b), TH (c) con el de PM-FAO 56, para las siete estaciones en estudio.

Los resultados de los modelos comparados con el de referencia, muestran que la mejor dispersión respecto a la relación 1:1, es la calculada por el método de H-S ($r^2 = 0,8806$), aún cuando se observa una sobreestimación (Fig. 2a). El segundo modelo de dispersión con mejor ajuste ($r^2 = 0,8218$), es TH-C, que muestra una subestimación de la ETP (Fig.

2b); en tanto que Thornthwaite comparado con la ecuación de referencia ($r^2 = 0,6805$), presenta una sobreestimación para valores de ETP que no superan los 100 mm y una subestimación para aquellos superiores al mismo (Fig. 2c). La principal diferencia entre estos últimos modelos, TH y PM-FAO56, se debe a los parámetros considerados; el primero solo utiliza la temperatura y la latitud para obtener el índice térmico y el coeficiente de ajuste respectivamente, mientras que la estimación de la ETP por PM-FAO 56 tiene un fundamento fisicomatemático que incluye, un balance de radiación, velocidad del viento y déficit de saturación. De esta forma, el algoritmo de la expresión de H-S ajustado a la de PM-FAO 56 para las estaciones en estudio queda determinado por la siguiente expresión (Ecuación 1):

$$H-S_{(mod-PM)} = 1.0941x (H-S) + 8.0256 \text{ Ec. 1}$$

Posteriormente se aplicó esta ecuación para estimar la ETP según H-S para las 355 localidades de las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán, con los datos de temperatura publicados por Bianchi y Yañez (1994) y Pascale y otros (2001).

La cuantificación porcentual anual de las diferencias entre los valores de la ecuación alternativa de H-S (mod PM) respecto a PM-FAO 56, muestra para la estación Jujuy Aero, un 15.8 % respecto a la de referencia, en los meses de febrero, mayo, agosto y octubre, ocurriendo el máximo contraste en el primer mes. Tartagal Aero y Tucumán Aero, presentaron diferencias superiores al 8% en los meses de febrero, mayo, agosto y septiembre; y febrero, junio y octubre, respectivamente. Mientras que para Salta Aero la misma es de 4.2% y Román de 6.1%. Las localidades que mostraron menor diferencia porcentual son La Quiaca y Orán Aero con 1.7 y 3.3 respectivamente (Cuadro 4 y figuras 3 a, b, c, d, e, f y g).

Estaciones	Diferencia porcentual anual de H-S (mod PM) respecto a PM-FAO 56
Román	6.1
La Quiaca	1.7
Jujuy Aero	15.8
Orán Aero	3.3
Tartagal Aero	9.3
Tucumán Aero	8.1
Salta Aero	4.2

Cuadro 4: Diferencia porcentual anual de H-S (mod PM) respecto a PM-FAO 56 para las estaciones estudiadas.

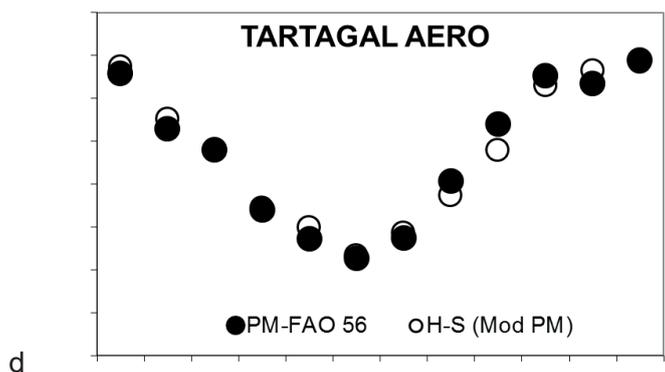
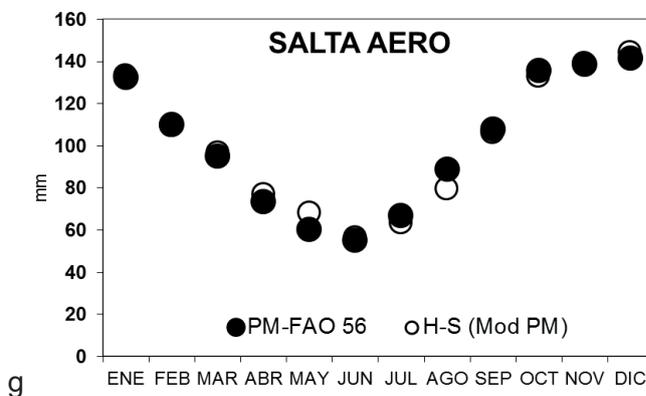
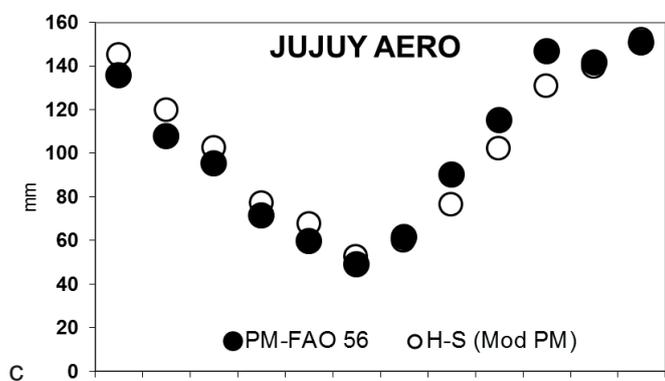
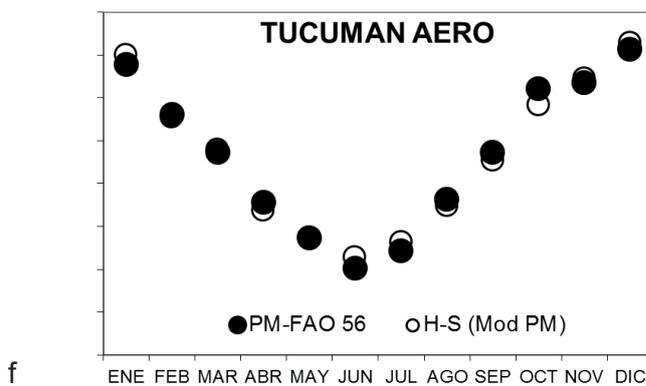
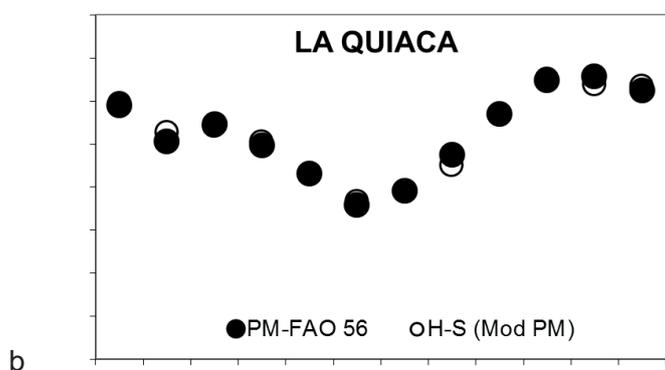
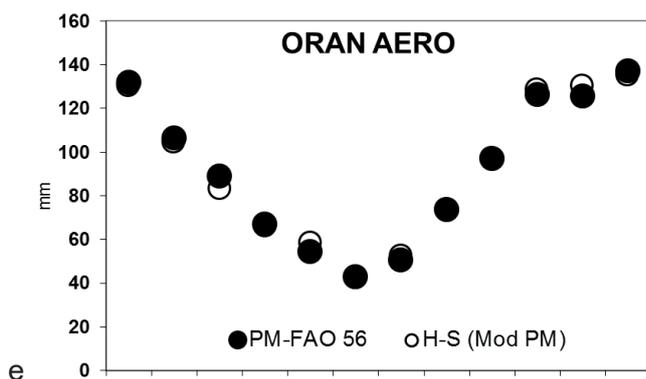
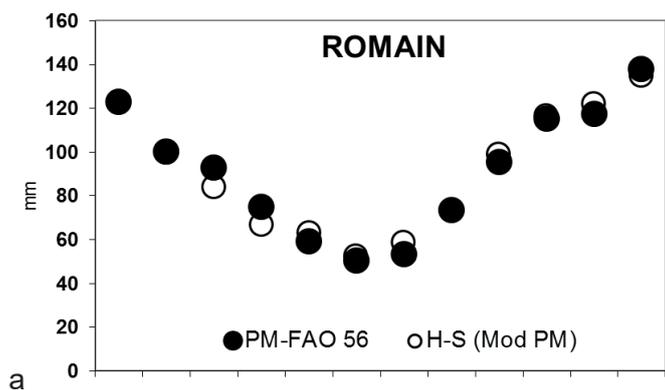


Figura 3 a, b, c, d, e, f y g: Comparación de ETP obtenidos por H-S_(mod PM) y PM-FAO 56 en las estaciones Romain (a), La Quiaca (b), Jujuy Aero (c), Tartagal Aero (d), Orán Aero (e), Tucumán Aero (f) y Salta Aero (g).

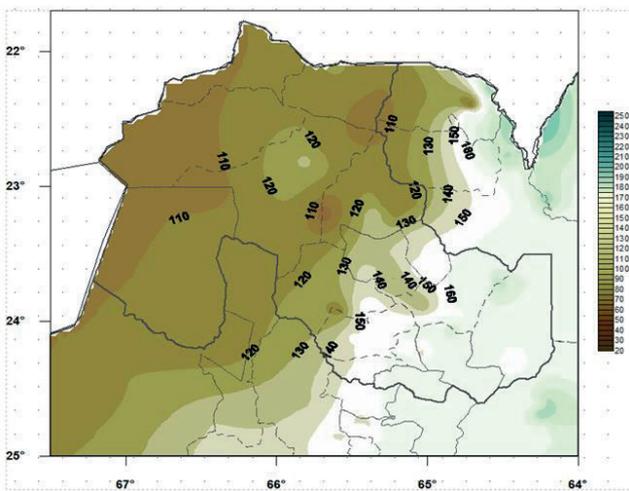
Con los valores modificados por la ecuación alternativa de H-S_(mod PM), aplicados a las 355 estaciones, se representó la ETP en mapas de isolíneas por mes y anual. En las figuras 4 a, b, c, d, e y f; se observan las ETP para los meses de enero a marzo, y de julio a septiembre, respectivamente. En la figura 4 g, se muestra la variación espacial de

la evapotranspiración media anual.

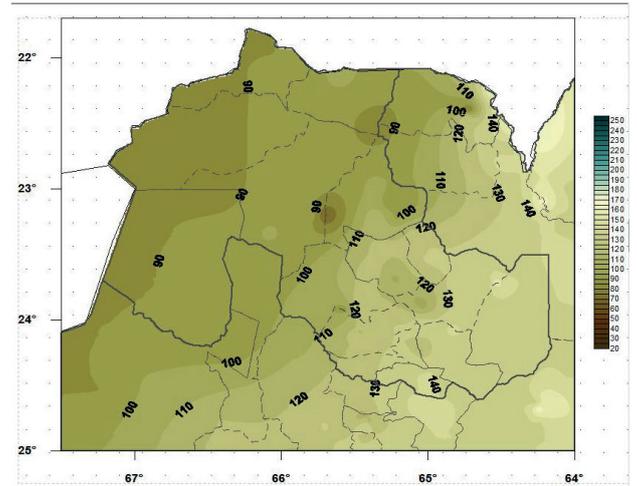
En la figura 4 a, correspondiente al mes de enero, la ETP H-S_(mod PM) aumenta de oeste a este, de 110 a 160 mm desde la región de la Puna hacia los Valles. En la Prepuna y Puna (departamentos de Rinconada, Suques, Santa Catalina, Cochinoca, Yavi, parte norte de Humahuaca y Tilcara), la ETP fluctúa entre 110-120 mm. En la Quebrada (Tumbaya, Humahuaca y Tilcara) varía entre 120 a 150 mm; en tanto en la región de los Valles templados (departamentos de Dr. Manuel Belgrano, El Carmen, San Pedro, San Antonio, Pálpala) y Selva de transición (departamentos de Santa Bárbara, Ledesma y Valle Grande.) la fluctuación es de 150 a 160 mm (Bianchi y Bravo, 2008).

En el mes de febrero (figura 4 b), la ETP aumenta de 90 mm a 140 mm en el mismo sentido que el mes de enero (oeste – este), manteniéndose la misma amplitud (50 mm). Se observa que los valores mínimos suceden en la región puneña, mientras que en la zona de los Valles y Selva son superiores a 130 mm.

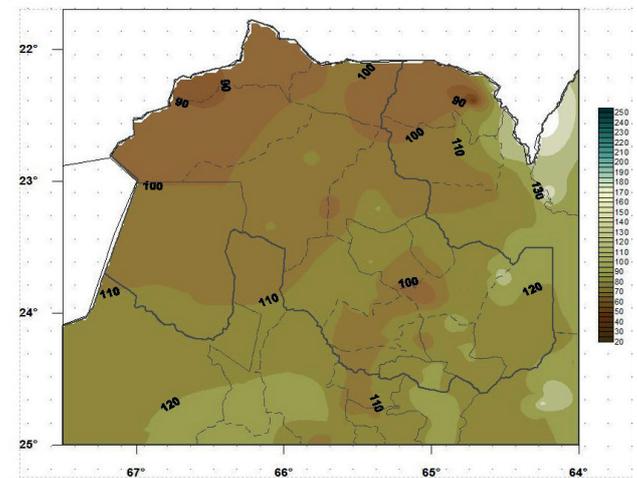
La figura 4 c, correspondiente al mes de marzo, la ETP media varía de noroeste a noreste de la provincia, con registros de 90 mm en la Puna hasta 130 mm en el departamento Santa Bárbara.



a

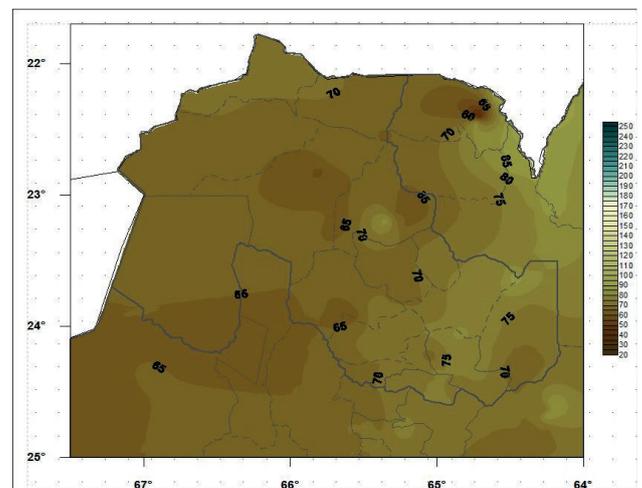


b

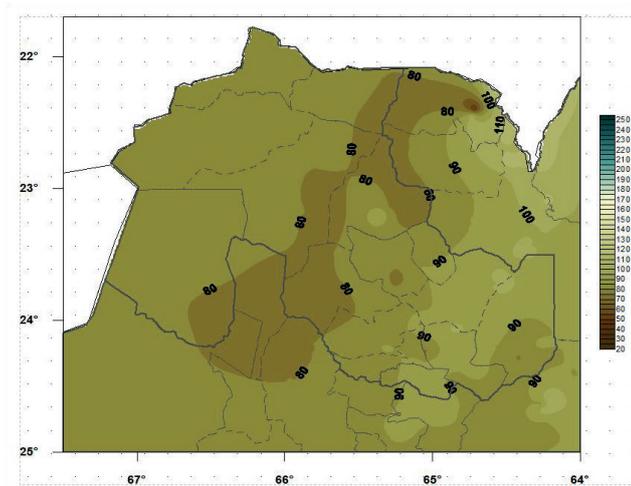


c

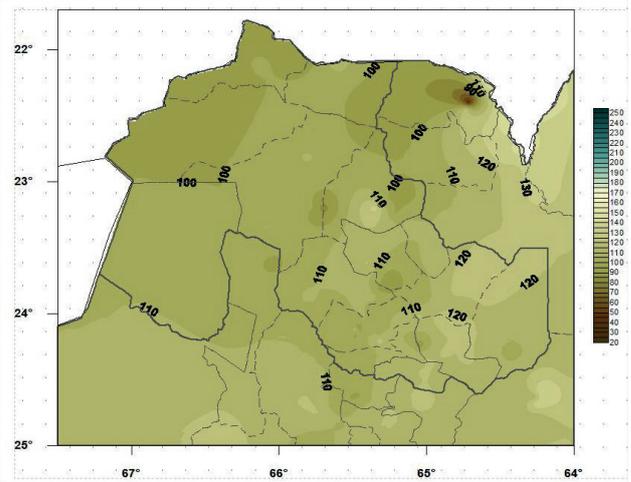
Figura 4 a, b y c: ETP media de los meses de enero (a), febrero (b) y marzo (c), para la provincia de Jujuy.



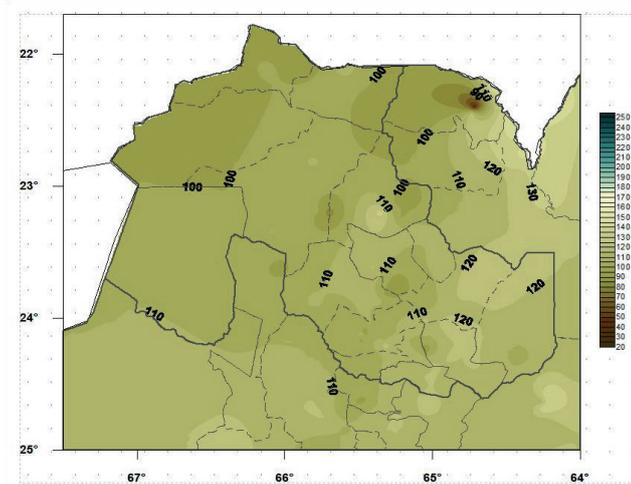
d



e



g



f

Figura 4 d, e y f: ETP media de los meses de julio (d), agosto (e) y septiembre (f), para la provincia de Jujuy.

Durante los meses de julio y agosto se observa uniformidad en los valores de EPT media (figuras 4 d, e) mientras que en setiembre (figura 4f) el incremento de ETP se mantiene en el sentido noroeste - sudeste de la provincia (100 a 130mm) como en los meses de enero a marzo aunque de menor magnitud.

Figura 4 g: ETP media anual para la provincia de Jujuy.

La ETP media anual de la provincia de Jujuy (Fig. 4 g), oscila entre los 1100 y 1500 mm, incrementándose desde la Puna hacia los Valles.

CONCLUSIONES

Hargreaves - Samani resultó el método más satisfactorio para estimar la demanda atmosférica en aquellas localidades que no poseen los datos suficientes para utilizar el método de Penman-Montieth PM- FAO56.

Para cada estación estudiada, la asociación entre ambos métodos fue altamente significativa ($R=0,98$ La Quiaca Aero y Salta Aero, y $R=0,99$ Tucumán Aero).

La función general para determinar el ajuste que debe aplicarse a la expresión de Hargreaves y Samani, surge de la relación lineal del análisis de todas las estaciones que poseían información para estimar ETP por la metodología de Penman-Montieth PM- FAO56; esta relación ($R^2 = 0,8806$), la cual queda expresada por la ecuación 1, cuyos coeficientes de ajuste promueven que los valores estimados por este algoritmo sean superiores a los originales.

Las isólinas de ETP ajustadas por H-S, reflejan un incremento de noroeste a sudeste, durante todos los meses, inclusive en el valor medio anual. El mes de enero es el que presenta la mayor variación, y julio la menor.

Este trabajo será ajustado con la incorporación de nuevas estaciones, que perfeccionen la distribución espacial de la demanda atmosférica. Con la información obtenida, se espera estimar la variación temporal del agua en el suelo, mediante un modelo de balance hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.G; Pereira, L.S.; Raes, D. & Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. FAO. Roma. ISBN 92-5-304219-2.
- Baier, W. & Robertson, G.W. 1965. Estimation of latent evaporation from simple weather observations. *Can. J. Plant Sci* 45: 276-284.
- Bautista, F.; Bautista, D. & Delgado-Carranza, C. 2009. Calibration of the equations of Hargreaves and Thornthwaite to estimate the potential evapotranspiration in semi-arid and subhumid tropical climates for regional applications. *Atmósfera* 22, 4: 333-348.
- Bianchi, A. & Bravo, G. 2008. Ecorregion Norandina. Descripción, Subregiones, Agroecosistemas, Sistemas productivos y Cartografía regional.
- Ediciones INTA. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-ecorregion_norandina.pdf
- Bianchi, A.R.; Nieva, I.J. & Yáñez, C.E. 1994. Un modelo simple de regresión lineal para la estimación de temperaturas medias mensuales regionales. *RIA. INTA. Argentina* 25, 3: 35-54.
- Blaney, H. & Criddle, W. 1950. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. Soil conservation service technical paper 96, Soil conservation service. US Department of Agriculture, Washington.
- Bowen, I.S. 1926. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. *Physical Review* 27: 779-787.
- Brutsaert, W.H. 1982. Evaporation into the Atmosphere: Theory, History, and Applications. Deidel Publishing Company. Springer Netherlands.
- 299.
- Camargo, A. P. 1971. Balanço hídrico no estado de São Paulo. Campinas: IAC. Boletim 11. 624.
- Camargo, A. P.; Marin, F.R.; Sentelhas, P. C. & Picini, A. G. 1999. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. *Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria* 7, 2, 252-257.
- Doorenbos, J. & Pruitt, W.O. 1977. Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage. Food and Agriculture. Organização of the Nações Unidas. Rome. 154.
- Douglas, E. M.; Jacobs, J. M.; Sumner D. M. & Ray, R. L. 2009. A comparison of models for estimating potential evapotranspiration for Florida land cover types. *Journal of Hydrolog* 373: 366-376.
- Droogers, P. & Allen, R.G. 2002. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. *Irrigation and Drainage Systems* 16: 33-45.
- Fernández Long, M. E.; Cañas, S.; Ocampo, D. & Rivas, R. 2014. Estimación de la evapotranspiración potencial en la Argentina: comparación de metodologías. Libro de acta de la I Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología y XV Reunión Argentina de Agrometeorología. UniRio. Universidad Nacional de Rio Cuarto. Córdoba. Argentina. 45-46. ISBN: 978-987-688-082-4.
- García, M.; Raes, D.; Allen, R. & Herbas, C. 2004. Dynamics of reference evapotranspiration in the Bolivian highlands (Altiplano). *Agric. For. Meteorol* 125:67-82.
- Gay, L.W. 1981. Potential evapotranspiration for deserts in: Water in deserts ecosystems. D. D. Evans and J.L. Thames. Editors. School of Renewable Natural resources. University Arizona. Tucson. Arizona. USA. 172-194.
- Hargreaves, G.H. & Samani, Z.A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Transaction of American Society of Civil Engineers* 1, 2: 96-99.

Hatfield, J.L. & Allen, R.G. 1996. Evapotranspiration estimates under deficient water supplies. *Journal of irrigation and drainage engineering*. American Society of Civil Engineers 122, 5:301–308.

Jensen, M. E. & Haise, H. R. 1963. Estimation of evapotranspiration from solar radiation. *Journal of Irrigation and Drainage Division*. American Society of Civil Engineers 89, 15–41.

Ocampo, D. & Rivas, R. 2011. Evaluación de métodos de estimación de la evapotranspiración a escala mensual y anual en Argentina: aplicación en zonas húmedas y áridas. *Cuadernos del Curiam* 17: 33-41.

Papadakis, J. 1961. *Climatic Tables for the World*. Buenos Aires. 175.

Pascale, A. J.; Damario, E. A. & Hurtado, R. H. 2001. Frío invernal disponible para especies criófilas en el noroeste de la Argentina. *Revista Argentina de Agrometeorología* 1,2:13-20.

Penman, H. L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Roy. Soc. Londres* 193, 120-146.

Priestley C. H. & Taylor, R. J. 1972. On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. *Monthly Weather Review* 100, 2: 81-92.

Rosenberg, N. J. 1974. *Microclimate. Air temperature and Sensible heat transfer. The biological environment*. John Wiley. New York. USA. 94-117.

Thornthwaite, C. W. & Mather, J. R. 1955. The water budget and its use in irrigation. *Agriculture department*. 346-358.

Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *The Geographical Review* 38: 55-94.

Thornthwaite, C. & Wilm, H. 1944. Report of the Committee on transpiration and evaporation. *Transactions American Geophysical Union* 25: 683-693.

Trezza, R. 2008. Estimación de evapotranspiración de referencia a nivel mensual en Venezuela. ¿Cuál método utilizar? *Revista Bioagronomía* 20,2:89-95.

Turc, L. 1961. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration potentielle, formule climatique simplifiée et mise a jour. *Annales Agronomique* 12, 1: 13-49.

Van Bavel, C. H. & Ehler, W.L. 1968. Water loss from a sorghum field and stomatal control. *Journal Agronomy* 60: 84-86.

Vega, E. J. & Jara, J. C. 2009. Estimación de la evapotranspiración de referencia para dos zonas (costa y región andina) del Ecuador. *Engenharia Agricola* 9, 3: 390-403.

Xu, C. Y. & Singh, V. P. 2001. Evaluation and Generalization of Radiation-based Methods for Calculating Evaporation, *Hydrolog. Processes* 15, 305–319.

Xu, C.Y. & Singh, V. P. 2000. Evaluation and Generalization of Radiation-based Methods for Calculating Evaporation', *Hydrolog. Processes* 14, 339–349.

INCORPORACIÓN DE PROTEÍNAS DE LACTOSUERO EN QUESO DE CABRA FRESCO

INCORPORATING WHEY PROTEINS INTO FRESH GOAT CHEESE

Cruz, Sergio¹; Burgos, Laura^{1,2}; Maldonado, Silvina¹

RESUMEN

Se estudió el efecto de la incorporación de proteínas de lactosuero bovino en el rendimiento, la composición, el color y la textura del queso de cabra fresco. Para ello se elaboraron quesos usando leche de cabra de la Quebrada de Humahuaca y se incorporaron 5% y 10% de concentrado proteico de lactosuero bovino en polvo (WPC). Se determinó la composición de cada uno de los quesos. Además se observaron los parámetros de color (*L*, *a*, *b*) y se evaluó el perfil de textura. El rendimiento quesero aumentó en los quesos con 5% WPC (18,7%), respecto al control (17,3%). En el contenido de proteínas sólo se obtuvieron diferencias significativas en los quesos con 10% WPC (23,8±0,7 g/100g). La luminosidad *L* disminuyó y los índices *a* y *b* aumentaron con el agregado del WPC, lo que se atribuye al color amarillo del WPC bovino en polvo. La dureza, la cohesividad y la elasticidad disminuyeron y la adhesividad aumentó con la incorporación del WPC. Estos resultados muestran que la incorporación de WPC en las concentraciones estudiadas, modifica la estructura de la matriz caseínica, la composición y los parámetros de color de los quesos.

Palabras claves: Color. Composición. Textura

SUMMARY

The effect of incorporating bovine whey proteins into yield, composition, colour and texture of fresh goat cheeses was studied. Cheeses were made using goat's milk from Quebrada de Humahuaca and 5% and 10% bovine whey protein concentrate (WPC) powder were incorporated. The composition of each cheese was determined. In addition, colour parameters (*L*, *a*, *b*) were observed and the texture profile was evaluated. The cheese yield increased in cheeses with 5% WPC (18.7%), compared to the control (17.3%). In the protein content only significant differences were obtained in cheeses with 10% WPC (23.8 ± 0.7 g / 100g). Luminosity *L* decreased and the *a* and *b* rates increased with the addition of WPC, which is attributed to the yellow colour of bovine powder WPC. Hardness, cohesiveness and elasticity decreased whereas adhesiveness increased with the incorporation of the WPC. These results show that WPC incorporation in the concentrations studied modifies the casein matrix structure, composition and colour parameters of cheeses.

Keywords: Colour. Composition. Texture

1-Laboratorio Ingeniería para el Desarrollo de la Agroindustria Regional (IDeAR), Centro de Investigación en Tecnología de los Alimentos (CITA) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, Ítalo Palanca 10, 4600, Jujuy, Argentina. e-mail: smaldonado@unju.edu.ar

2-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, en las industrias queseras el suero ha sido considerado como un producto de desecho de poco valor cuya disposición debe realizarse de la forma más económica posible; por ello, se destina para la alimentación animal o es descargado en fuentes de agua o alcantarillados ocasionando un grave problema de contaminación. Sin embargo, por su valor nutricional y tecnológico se estima que se puede asignar al lactosuero un valor cercano al 10% de la leche fluida entera (Inda, 2000). Se han planteado diversas propuestas de valorización del lactosuero: mediante su empleo como materia prima para elaborar productos tales como requesón, bebidas refrescantes saborizadas, bebidas análogas de leche, quesos procesados, lactosuero en polvo, dulce de leche y bases para helados (Arteaga et al., 2009; Candiotti et al., 2001).

Las proteínas del suero pueden incorporarse en el proceso de elaboración del queso, mezclándolas con la leche antes que se efectúe la coagulación y se forme la cuajada. De esta forma, se puede aumentar el rendimiento del queso y enriquecer su contenido nutricional. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que los procesos de coagulación y de sinéresis de la cuajada pueden verse afectados, tanto más cuanto mayor sea la proporción de proteína agregada (Walstra et al., 2006).

Las proteínas del lactosuero pueden utilizarse para complementar el valor nutricional de la caseína presente en el queso, ya que contiene aminoácidos esenciales, destacándose entre ellos el triptófano. La concentración de triptófano en la α -lactoalbúmina y la β -lactoglobulina presentes en el suero es de 0,11 y 0,28 mol/kg de proteína respectivamente, en tanto que su concentración en la caseína es sólo de 0,06 mol/kg (Walstra et al., 2006).

Generalmente se prefiere el uso de concentrados proteicos lácteos para mejorar el rendimiento del queso (Ur-Rehman et al., 2003). Estos ingredientes generalmente tienen un contenido en proteínas que varía entre 35 a 85% (Mistry y Maubois, 2004). La adopción de esta técnica de fortificación requiere prestar especial atención a la cantidad de proteína láctea a incorporar como a la necesidad de adaptar el proceso de elaboración del queso para evitar deterioro y/o alterar sus propiedades.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la incorporación de proteínas de lactosuero bovino en el rendimiento, la composición, el color y la textura del queso de cabra fresco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con leche proveniente de una majada conformada por cabras Criollas, pertenecientes a un tambo caprino ubicado en la Quebrada de Humahuaca, de la localidad de Huacalera Departamento de Tilcara, Jujuy, Argentina. La leche para estudio se trasladó al laboratorio, refrigerada y en envases de acero inoxidable, inmediatamente después del ordeño.

Para la elaboración de los quesos se pasteurizó la leche cruda (65°C, 30 min). Se enfrió luego hasta 38°C y se agregó fermento láctico CHR HANSEN RST 743. Simultáneamente se agregó 0,02% (p/v) de cloruro de calcio. Se adicionó cuajo comercial líquido CHYMAX a razón de 50 ml cada 100 litros de leche. Luego se cortó la cuajada con una lira hasta obtener granos de un tamaño de 1,5 cm. Se dejó reposar la cuajada y se desueró. Se realizó el agregado del concentrado proteico de lactosuero bovino al 5% y 10% (p/p). Se efectuó el salado en seco y en capas, por agregado de cloruro de sodio directamente sobre la cuajada y durante el moldeo. Para el caso del queso control luego del desuerado se procedió al salado. Luego del prensado el producto salado se almacenó en cámara frigorífica durante 20 días a 10°C y 90% de humedad relativa. Se tomaron muestras dentro de las 24 horas de elaboración, extrayendo un mínimo de tres muestras de cada lote elaborado para su caracterización fisicoquímica y el estudio del análisis de textura.

Luego de cada elaboración se determinó el rendimiento quesero, de acuerdo a la ecuación 1:

Caracterización fisicoquímica

La caracterización fisicoquímica de los quesos se realizó según métodos AOAC (16th Ed., 1995): Proteínas totales: por el método de Kjeldahl, método A.O.A.C. 955.04 c Grasas: método de Gerber. Humedad (AOAC 935.29) en estufa de vacío (Shel lab, modelo 1410) a 60±1 °C y 25 pulg Hg de vacío. pH: con un equipo HANNA, precisión 0,01 de pH.

Se observaron los parámetros de color con un

Colorímetro modelo Miniscan EZ 4500L, marca Hunter Lab. Los valores obtenidos correspondieron al promedio de 5 medidas realizadas en cada una de las muestras.

Análisis del perfil de textura

El estudio de los cambios texturales de los quesos se realizó utilizando un Analizador de Textura TA-XT plus con una probeta cilíndrica (P50). Las condiciones del análisis fueron: cilindros de queso de 20 mm de diámetro y 10 mm de alto, compresión hasta un 50% de su altura inicial, velocidad de 1 mm s⁻¹ con 5 s entre la primera y la segunda compresión. La aplicación de este test permitió obtener seis parámetros diferentes: dureza, gomosidad, adhesividad, cohesividad, masticabilidad y elasticidad.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos para cada ensayo planteado en las muestras de queso se analizaron utilizando la prueba de Rangos Múltiples de Tukey, con un nivel de confianza del 95%. El análisis de varianza se realizó utilizando el software Statgraphics Centurion XV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica y rendimiento

En la Tabla 1 se puede observar la composición y los valores de pH de los quesos de cabra obtenidos con la incorporación de las distintas concentraciones de WPC.

Queso	Proteína	Humedad	Grasa	pH
Control	18,7±0,2 ^(a)	52,8±0,3 ^(a)	19±0,7 ^(b)	5,20±0,02 ^(a)
5% WPC	19,3±0,6 ^(a)	55,86±0,01 ^(b)	16±0,7 ^(a)	5,28±0,01 ^(b)
10% WPC	23,8±0,7 ^(b)	52,6±0,5 ^(a)	16,2±0,3 ^(a)	5,45±0,01 ^(c)

Valores promedio en la misma columna con letras distintas son significativamente diferentes (P<0,05).

Tabla 1: Composición química de los quesos de cabra frescos (g/100g) y los valores de

En los quesos con 5% WPC se encontró mayor contenido de humedad (55,86±0,01 g/100g) respecto al control, medido después de las 5 horas de elaboración.

La cuajada con 10% WPC requirió mayor tiempo de prensado debido a que presentó una estructura poco contráctil y friable, por lo que no presentó diferencias significativas con el queso control luego de 5 horas. Respecto a los valores de grasa no se observaron diferencias significativas entre los quesos con adición de WPC, pero si al compararlos con el queso control, lo que refleja que la cuajada disminuyó su capacidad de retener lípidos. Estos resultados tiene relación con el hecho de que las caseínas presentan fuertes regiones hidrofóbicas mientras que las proteínas séricas poseen un mayor balance entre residuos hidrofílicos e hidrofóbicos (Arce Méndez et al., 2016). Con la incorporación de la proteína sérica se aumentó la afinidad de la cuajada por el agua, pero a su vez, se podría estar disminuyendo la afinidad por los lípidos. Coincidiendo con Mead y Roupas (2001), quienes informaron que una menor retención de grasa en los quesos con agregados de WP, se produce por una alteración estérica de la matriz de caseína, lo que da como resultado la pérdida de más grasa en el suero.

En cuanto a la concentración de proteína se observó un aumento significativo en el queso de 10% WPC, lo que está influenciado además por el mayor contenido de humedad en el queso con 5% WPC.

La concentración de proteína en base seca se muestra en la tabla 2.

Queso	Proteína en base seca
Control	39,5±0,4 ^(a)
5% WPC	43,5±0,3 ^(b)
10% WPC	50±1 ^(c)

Valores promedio en la misma columna con letras distintas son significativamente diferentes (P<0,05).

Tabla 2: Concentración de proteína en base seca.

El aumento de la concentración de proteína en base seca en los quesos con 5% y 10% de WPC con respecto al control refleja una retención del WPC en los quesos luego del desuerado a pesar de que exista una afinidad del WPC con el suero,

El pH de los quesos aumentó con el agregado de WPC; al respecto Arteaga et al. (2009) informa

este aumento en el pH al agregarle suero en polvo al queso chanco y lo atribuye a la capacidad tampón que tiene la cuajada por el agregado de suero, particularmente por las proteínas séricas, lo que sumado al mayor contenido de lactosa, puede hacer variar la velocidad de la glicólisis, haciéndola más lenta al inicio de la maduración e intensificarla luego con un descenso continuo de pH.

El rendimiento del proceso de obtención de los quesos elaborados se muestra en la Tabla 3.

Queso	Rendimiento (%p/v)
Control	17,3±0,1 (a)
5% WPC	18,7±0,1 (a)
10% WPC	17,9±0,2 (b)

Valores promedio en la misma columna con letras distintas son significativamente diferentes (P<0,05).

Tabla 3. Rendimiento del queso de cabra fresco elaborado con la incorporación de WPC a distinta concentración.

Se observó que el rendimiento aumentó significativamente con el agregado de WPC en los quesos de cabra, influenciados directamente por el aumento en el contenido de humedad. Esto se debe a que las proteínas séricas en la cuajada aumentan la capacidad de retención de agua en la matriz del queso (Perreault et al., 2017).

En los quesos con 10% WPC la retención de agua fue excesiva y produjo una cuajada con estructura poco contráctil y friable, por lo que se prensó nuevamente, provocando un rendimiento inferior al queso con 5% WPC. Considerando estos resultados y para mejorar el rendimiento quesero es recomendable utilizar concentraciones de WPC inferiores al 10%.

Análisis de perfil de textura

Los parámetros de textura obtenidos en los quesos de cabra con la adición de WPC se describen en la Tabla 4.

Parámetro	Control	5% WPC	10% WPC
Dureza (N)	15±1(a)	9±1(b)	7,5±0,9(b)
Gomosidad (N)	6,8±0,7(a)	3,6±0,6(b)	2,70±0,01(b)
Adhesividad (N s)	-0,60±0,08(a)	-0,05±0,01(b)	-0,08±0,01(b)
Cohesividad	0,45±0,02(a)	0,35±0,03(b)	0,33±0,05(b)
Masticabilidad (N cm)	5,8±0,6(a)	2,9±0,6(b)	1,9±0,1(b)
Elasticidad (cm)	0,85±0,01(a)	0,75±0,08(b)	0,71±0,01(b)

Valores promedio en la misma fila con letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05).

Tabla 4. Parámetros de textura de los quesos frescos

La incorporación de proteína de suero al queso de cabra provocó un aumento significativo en la adhesividad, en el resto de los parámetros de textura se produjo una disminución respecto al control. La concentración de WPC no produjo cambios significativos en la textura de los quesos en los rangos estudiados.

La adhesividad es “la fuerza necesaria para superar la de atracción entre la superficie del alimento y aquellos materiales con los que entra en contacto” (Chacón-Villalobos y Pineda-Castro, 2009). Según Arteaga et al., (2009) ésta obedece principalmente a los tipos de enlaces que se presenten entre las micelas de las caseínas y al contenido de grasa del producto. Los contenidos de grasa en los quesos con WPC fueron inferiores al control (Tabla 1), lo que coincide con Awad et al. (2005) que informaron que la reducción del contenido graso incrementa la adhesividad, pero no debido a la reducción de grasa en sí, sino más bien al incremento de la habilidad de las proteínas para interactuar con el agua.

La cohesividad se relaciona con la resistencia interna que provoca el cuerpo del producto, y es la deformación que puede soportar el producto antes de la ruptura provocada en la masticación. La masticabilidad denota la energía necesaria para masticar el alimento (Chacón Villalobos y Pineda Castro, 2009). La disminución de los parámetros mencionados indicaría que la adición de la proteína de suero provoca una menor resistencia mecánica del queso en la masticación, es decir, el empleo de menor energía en este proceso.

La dureza de la red proteica del queso depende de su contenido de humedad, que al aumentar debilita la estructura, dado que las proteínas deben estar más alejadas entre sí. La reducción en la firmeza de

la cuajada, al agregar un concentrado de proteína de suero, se debe a que modifica la estructura regular del gel (Lobato-Calleros et al., 2007).

Los parámetros de color observados en los quesos de cabra estudiados se presentan en la Tabla 5.

Queso	Control	5% WPC	10% WPC
L	95,5±0,5 ^(c)	93,2±0,6 ^(b)	90,3±0,7 ^(a)
a	-2,4±0,1 ^(a)	-1,2±0,1 ^(b)	-0,4±0,3 ^(c)
b	14,5±0,5 ^(a)	17,1±0,5 ^(b)	17,8±0,4 ^(c)

Las medias con igual superíndice en la misma fila no presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$).

Tabla 5. Parámetros del color de las muestras y de la referencia comercial.

La luminosidad L de los quesos fue cercana al blanco (100), siendo el queso control el más claro, además disminuyó en función a la concentración de WPC. Estos valores se asocian con un color blanco intenso resultante del menor diámetro de los glóbulos de grasa en la leche de cabra (3,5 μm en leche de cabra frente a 10 μm en leche de vaca) y la conversión completa del beta-caroteno en vitamina A que se produce en el metabolismo de las cabras, según lo informado por Lucas et al. (2008).

Considerando a los quesos de cabra con 10% WPC, los valores fueron similares a los informados para quesos de cabra por Medeiros et al. (2013), Buffa et al. (2001) y Santos et al. (2011), quienes reportaron valores de luminosidad (L) de alrededor de 91, implicando que los quesos de cabra obtenidos con WPC podrían ser aceptados por los consumidores ya que no se aleja de los valores reportados para los quesos de cabra sin adición de WPC.

Los valores de a de todos los quesos fueron negativos, indicando la tendencia al verde. Respecto al parámetro b, todos los quesos tienden al amarillo. Ambos índices aumentaron con el agregado del WPC, lo que se atribuye al color amarillo del WPC bovino en polvo.

CONCLUSIONES

La incorporación de WPC al queso de cabra fresco, en las concentraciones estudiadas, tuvo un efecto positivo en el rendimiento quesero, incrementando además la concentración de proteína. Sin embargo, esta adición provocó variaciones en el color, disminuyendo la luminosidad y los índices a y b se inclinaron a las tonalidades amarillas y verdes.

La adición de WPC produjo la disminución de la dureza, la cohesividad, gomosidad y la masticabilidad, lo que podría afectar las propiedades sensoriales del queso.

La incorporación de 5 % de WPC a la matriz caseínica permitió obtener un queso con mejores características texturales y de color.

BIBLIOGRAFÍA

A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist.

Arce-Méndez, J.R.; Thompson-Vicente, E. & Calderón-Villaplana, S. 2016. Incorporación de la proteína del suero lácteo en un queso fresco. *Agronomía Mesoamericana* 27(1): 61-71.

Arteaga, M.; Molina, L.H.; Pinto, M. & Brito, C. 2009. Caracterización de queso Chanco enriquecido con suero lácteo en polvo. *Revista chilena de nutrición* 36(1): 53-62.

Awad, S.; Hassan, A.N. & Muthukumarappan, K. 2005. Application of exopolysaccharide-producing cultures in reduced-fat Cheddar cheese: Texture and melting properties. *Journal of dairy science* 88(12): 4204-4213.

Buffa, M.N.; Trujillo, A.J.; Pavia, M. & Guamis, B. 2001. Changes in textural, microstructural, and colour characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *International Dairy Journal* 11(11): 927-934.

Lobato-Calleros, C.; Reyes-Hernández, J.; Beristain, C.I.; Hornelas-Urbe, Y.; Sanchez-Garcia, J.E. & Vernon-Carter, E. J. 2007. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total

replacement of milk fat. *Food research international* 40(4): 529-537.

Candiotti, M.C.; Zalazar, C.A.; Meinardi, C.A. & Hynes, E. 2001. Susceptibility of whey proteins to the action of commercial proteases used in food processing. *Australian Journal of Dairy Technology* 56(1): 35-37.

Chacón-Villalobos, A. & M. Pineda-Castro. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo "Crottin de Chavignol". *Agronomía Mesoamericana* 20:297-309.

Inda, C. A. (2000). Optimización de Rendimiento y Aseguramiento de Inocuidad en la Industria de Quesería. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Organización de los Estados Americanos (OEA), DF (México).

Lucas, A.; Rock, E.; Agabriel, C.; Chilliard, Y. & Coulon, J.B. 2008. Relationships between animal species (cow versus goat) and some nutritional constituents in raw milk farmhouse cheeses. *Small Ruminant Research* 74(1-3): 243-248.

Mead, D. & Roupas, P. 2001. Effect of incorporation of denatured whey proteins on chemical composition and functionality of pizza cheese. *Australian Journal of Dairy Technology* 56: 19-23.

Medeiros, E.J.L.; do Egypto, R.D.C.R.; de Medeiros, A.N.; Bomfim, M.A.D.; Batista, A.S. M.; dos Santos Félex, S.S. & Madruga, M.S. 2013. Sensory profile and physicochemical parameters of cheese from dairy goats fed vegetable oils in the semiarid region of Brazil. *Small Ruminant Research* 113(1): 211-218.

Mistry, V.V. & Maubois, J.L. 2004. Application of membrane separation technology to cheese production. In P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan & T.P. Guinee (Eds.), *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*. London: Elsevier Academic press: 261-286.

Perreault, V.; Rémillard, N.; Chabot, D.; Morin, P.; Pouliot, Y. & Britten, M. 2017. Effect of denatured whey protein concentrate and its fractions on cheese composition and rheological properties. *Journal of Dairy Science* 100(7): 5139-5152.

Santos, B.M.; Oliveira, M.E.G. de; Madureira, A.R.M.F.M.; Pintado, M.M.E.; Souza, E.L. & Queiroga, R.C.R.E., 2011. Quality and acceptance of goat Milk cheese "curd" with inclusion of cow milk. *Institute Adolfo Lutz* 70: 67-73.

Ur-Rehman, S.; Farkye, N.Y.; Considine, T.; Schaffner, A. & Drake, M.A. 2003. Effects of standardization of whole milk with dry milk protein concentrate on the yield and ripening of reduced-fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science* 86: 1608-1615.

Walstra, P.; Wouters, J. & Geurts, T. 2006. *Dairy science and technology*. 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE CONCENTRADO DE FRUCTANOS DE YACÓN A TRAVÉS DE SECADO EN SPRAY

STUDY OF THE PROCESS FOR OBTAINING YACON FRUCTANS BY SPRAY DRYING

Soruco, Juan A.¹; Maldonado, Silvina¹

RESUMEN

Se estudiaron 1) las condiciones de secado por atomización de un concentrado en fructanos de yacón y 2) se realizó la caracterización y evaluación de la estabilidad del polvo obtenido. Se extrajo el jugo del tubérculo, se filtró, clarificó y se separaron los hidratos de carbono por ultrafiltración. Al permeado se le agregó 3% de maltodextrina como coadyuvante de secado y luego se eliminó el agua utilizando secado por atomización. Las mejores condiciones encontradas, fijando como parámetro el rendimiento y el estado físico final del polvo fueron: temperatura de aire de entrada 160°C, temperatura de salida 120°C, velocidad de aire 6,9 m/s, flujo de alimentación 0,30 l/h, para un rendimiento del 65,6±0,9%. Se obtuvo un sólido granular blanco-amarillento con 1,9±0,1% de humedad, a_w de 0,22±0,01, temperatura de transición vítrea 62,90±0,01°C, higroscopicidad 52,43±0,02%, solubilidad 85,02±0,01% y tiempo de disolución 2,5±0,1 minutos. El producto desarrollado resultó estable y sus características muestran que podría tener aplicaciones como ingrediente funcional en la formulación de productos alimenticios.

Palabras claves: Yacón. Atomización. Rendimiento. Caracterización

SUMMARY

The conditions of spray drying of a fructans concentrate obtained from yacón was studied and the powder obtained was characterized and assessed. The juice was extracted from the tuber, filtered, clarified and then carbohydrates were separated by ultrafiltration. Maltodextrin (3%) was added to the permeate as drying adjuvant and then the water was removed using atomization process. The best conditions found by setting the performance and final physical state of the powder as a parameter were: intake air temperature 160 ° C, outlet temperature 120 ° C, air velocity 6.9 m / s, feed flow 0.30 L / h, for a yield of 65.6±0.9 %. A yellowish-white powder with 1.9±0.1 % moisture was obtained, a_w of 0.22±0.01, glass transition temperature 62.90±0.01 ° C, hygroscopicity 52.43±0.02%, solubility 85.02±0.01% and dissolution time 2.5±0.1 minutes. The product developed was stable and its characteristics show that it could have applications as a functional ingredient in the formulation of food products.

Keywords: Atomization. Characterization. Yacón. Yield

INTRODUCCIÓN

Jujuy pertenece a la región subandina de Sudamérica y comparte un área de montaña con condiciones socioeconómicas desfavorables, dedicada fundamentalmente a una agricultura intensiva bajo riego, practicada por pequeños productores minifundistas en su mayoría de ascendencia aborigen. Sin embargo, la zona tiene ventajas comparativas con respecto a otros países o regiones en lo referente a ecosistemas, especies, diversidad genética y conocimiento tecnológico, las cuales, aprovechadas adecuadamente, no sólo en lo que respecta a materia prima sino en productos transformados y acrecentados en calidad y valor nutritivo, pueden permitir el desarrollo sostenido y sustentable de la región. Los campesinos de esta zona realizan cultivos hortícolas, frutales y cría de ganado menor, tales como oveja y cabra, en las que ésta última representa una de las más importantes.

En el contexto actual, el desarrollo de alimentos debe considerar la real posibilidad de inserción del producto en un mercado altamente competitivo como el relacionado al sector lácteo, en el que la única posibilidad de éxito comercial está fundada en la diferenciación del producto, proporcionándole al consumidor elementos adicionales de valoración respecto a los productos comerciales tradicionales, los que deberán ser lo suficientemente explícitos como para lograr la percepción de la mayor calidad por el consumidor. Es en este sentido que pueden combinarse productos y subproductos de la zona como materia prima para generar nuevos alimentos diferenciados y con potenciales características funcionales.

Dentro de la variada producción agrícola de los productores de la Quebrada jujeña y como elemento sinérgico para asociar a la leche de cabra, se considera al yacón (*Smallanthus sonchifolius*), un tubérculo originario de la región andina cuya raíz contiene principalmente agua e hidratos de carbono y, a diferencia de la mayoría de las raíces y tubérculos que almacenan almidón, el yacón acumula una gran diversidad de azúcares entre ellos fructanos de alto y bajo peso molecular. Los fructanos de bajo peso molecular, también llamados fructooligosacáridos o simplemente FOS, se consideran carbohidratos altamente fermentables, son sustratos fermentativos para el crecimiento de bifidobacterias que constituyen hasta un 25 % de la flora del colon y,

durante su competencia al fermentar los FOS, contribuyen a la disminución y hasta la anulación de cepas patógenas que son sensibles al medio ácido. Esta capacidad de estimular el crecimiento en el colon de bacterias específicas consideradas beneficiosas y de estimular y hasta anular el crecimiento de bacterias patógenas, se conoce como efecto prebiótico. Por su configuración química los FOS no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas del hombre y de animales (Andersson y otros, 2001; Cummings y otros, 2001; García y Velasco, 2007), por lo que se comportan como fibra dietaria. Suelen ser muy estables en los rangos de pH encontrados en la mayoría de los alimentos (pH entre 4 y 7) así como durante la refrigeración (Yun, 1996; Maldonado y Nuñez-Souza, 2013) y aportan un valor calórico reducido (1,5 kcal/g) si se comparan con los carbohidratos digeribles (4 kcal/g) (Madrigal y Sangronis, 2007). En este sentido pueden usarse como sustitutos hipocalóricos de varios tipos de azúcares. Es importante destacar que el consumo de FOS no aporta concentraciones considerables de glucosa, por lo que su consumo es recomendado como sustituto de la sacarosa (Seminario y otros, 2003). Poseen un ligero sabor dulce (entre 30 a 50% del poder edulcorante de la sacarosa), son totalmente solubles en agua, lo que les otorga propiedades humectantes cuando se emplean como aditivos en la formulación de alimentos y poseen capacidad de formar geles cremosos cuando se calientan en medios acuosos (Yun, 1996).

La viscosidad de las disoluciones de FOS suelen ser mayores que las de otros hidratos de carbono en la misma concentración y más estables térmicamente (Yun, 1996). Estas características fisicoquímicas relevantes convierten al yacón en un recurso natural para la obtención de FOS y en un ingrediente para la elaboración de alimentos funcionales o nutraceuticos (Niness, 1999; Roberfroid, 2000).

Varios estudios han demostrado que los fructanos de alto peso molecular (tipo inulina) se pueden utilizar con éxito para reemplazar la grasa (Bolenz y otros, 2006; Brennan y otros, 2004; Flaczyk y otros, 2009; Moscatto y otros, 2006). La inulina se ha aplicado en varios productos lácteos, incluidos helados (Ismail y otros, 2013;), yogur (Yi y otros, 2010), postre (Arcia y otros, 2011), y queso de imitación/queso fresco (Hennelly y otros, 2006; Koca y Metin, 2004). Los FOS han sido evaluados en estudios en humanos y en animales, en los que se ha establecido su

efectividad y seguridad (Coussement, 1999). Genta y otros (2009) concluyeron que con un consumo de 0,14 g de FOS/ kg de peso corporal/ día no se evidencian reacciones adversas gastrointestinales.

Las propiedades descritas llevan a considerar la utilización de estos fructanos en la obtención de productos funcionales, para lo que se considera necesario diseñar su proceso de obtención, a partir del yacón, en la forma física apta para su conservación y comercialización.

Los productos primarios de la región de la Quebrada jujeña como el yacón y la leche de cabra, pueden brindar, a través de su agregado de valor, una oportunidad para el desarrollo de la Agroindustria Rural Local (ARL) aún en estado incipiente de desarrollo, con impacto económico y social para la región, proporcionando a su vez mayor ingreso a los productores de la zona, así como nuevas opciones laborales para los jóvenes. Particularmente, el desarrollo de productos lácteos con el agregado de los componentes prebióticos del yacón representaría una innovación para la agroindustria local, por lo que el objetivo de este trabajo fue diseñar el proceso de obtención de fructanos a partir de yacón, evaluando la efectividad de la inclusión de la etapa de secado por atomización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se utilizó como materia prima yacón (*Smallanthus sonchifolius*) adquirido directamente de los productores de la localidad de Bárcena, provincia de Jujuy. Debido a la variación de la composición que sufre la materia prima después de la cosecha y con el tiempo de almacenamiento se decidió adquirir la cantidad necesaria para este estudio en una sola oportunidad a fin de anular el efecto de la variación de la composición en el estudio realizado.

Se seleccionaron aquellos tubérculos sanos, sin magulladuras y sin indicios de alteración. Se trasladaron inmediatamente al laboratorio donde permanecieron en lugar fresco, oscuro y seco hasta su procesamiento, lo que se llevó a cabo en un tiempo no superior a los 5 días. Las raíces tuberosas se seleccionaron por similitud de tamaño y grado de madurez. El contenido de sólidos solubles en el yacón fresco fue de $6,5 \pm 0,6$ °Brix y de FOS $5,32 \pm$

0,03g de FOS/100 g de yacón.

Material de referencia

Se utilizó un producto sólido granular comercial, obtenido por hidrólisis de inulina de achicoria, marca Beneo TMP95 (DOC.CHA3-04*06/06) provisto por la empresa ORAFI Active Food Ingredients, para la elaboración de muestras control, cuya composición es Oligofructose > 93% 2-8 dp (grado de polimerización), Glucose+fructose+sucrose (FFn +GFn) < 7% (Beneo-Orafti, Barcelona, España).

Obtención y caracterización de la solución concentrada en fructanos de bajo peso molecular

Los tubérculos se lavaron, pelaron y se sumergieron inmediatamente en solución de ácido cítrico (500 ppm) a 80°C, durante 15 min, para control de pardeamiento no enzimático. Se trituraron para obtener una pasta, junto con el agregado de metabisulfito (750 ppm) y sorbato de potasio (500 ppm), como agentes de antipardeamiento enzimático y antimicrobiano. Se eliminaron las fibras vegetales mediante sucesivas centrifugaciones y filtraciones al vacío. Luego se sometió el extracto clarificado a ultrafiltración (UF) a escala laboratorio. Se utilizaron los siguientes componentes (1) Módulo de filtración tangencial con membranas de polietersulfona Vivaflow 200, con Peso Molecular de corte de 2 kD y área de filtración de 200 cm² (2) Bomba peristáltica Masterflex, (3) Manómetro para monitorear la presión transmembrana, escala de 1 a 3 bar, (4) reservorio de alimentación y de retenido y (5) reservorio de permeado.

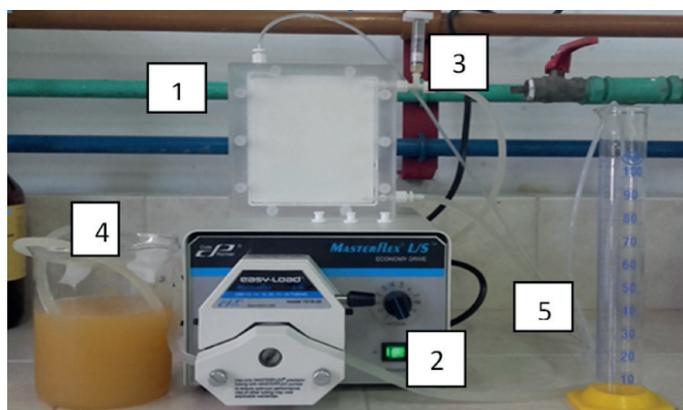


Figura 1: Equipo de ultrafiltración

El proceso de ultrafiltración se llevó a cabo recirculando el retenido al tanque de alimentación y operando a la presión de 1,5 bar con ambas membranas. El jugo clarificado de yacón se concentró desde 400 ml a 100 ml. Se obtuvieron a partir de allí dos fracciones de fructanos: una de peso molecular mayor al punto de corte o retenido (R) y otra de peso molecular menor al punto de corte o permeado (P). El permeado obtenido fue caracterizado en cuanto a:

- pH: determinado por un equipo marca HANNA modelo HI99161.
- Sólidos solubles: medidos a temperatura ambiente con un refractómetro de mesa marca ABBE modelo BK-R2S
- Sólidos totales: por evaporación de un volumen medido de retenido y se secó el residuo en estufa a 60°C hasta peso constante. Se calculó el porcentaje de sólidos totales como % p/V de extracto.
- Contenido de fructanos: determinados por Método AOAC N° 999.03.

Diseño de la Operación de secado

Se realizó una prueba de secado para poder determinar las condiciones de operación utilizando soluciones de FOS comercial en diferentes concentraciones: 7%, 10% y 25% p/p. Se utilizó un equipo marca Spray Process Modelo DR-0,3, cuyo esquema se muestra en la Figura 2.

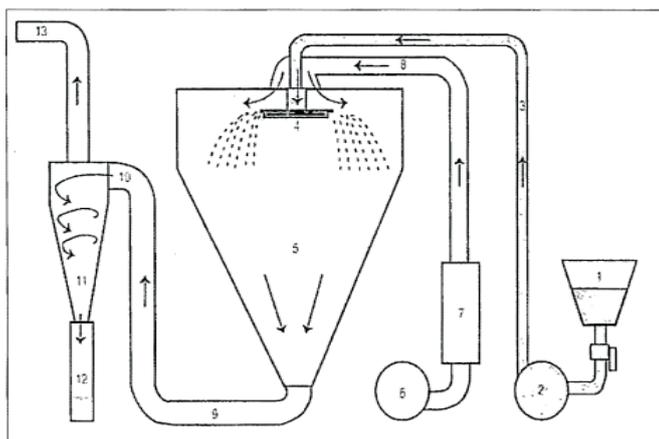


Figura 2: Equipo secado en spray.

1. Tanque de depósito.
2. Bomba para transporte del líquido (alimentación)
3. Tubería de ingreso del fluido a secar.

4. Atomizador o pulverizador.
5. Cámara de secado
6. Soplador de aire a alta velocidad al interior de la cámara.
7. Calentador de aire.
8. 9. 10. Tuberías de conexión.
11. Ciclón de recuperación.
13. Ventilador - Exhaustor

Se estudiaron las condiciones de operación, analizando el efecto de la variación del flujo de alimentación, temperatura del aire de entrada y la temperatura de salida, fijando como parámetro el rendimiento del secado y el estado físico final del polvo.

Los rangos de estudio se fijaron de la siguiente manera:

- Temperatura del aire de entrada (Te): de 110 a 165 °C
- Temperatura de salida del aire (Ts): de 78 a 125°C
- Caudal/Flujo de alimentación (Fa): de 0,3 a 1,6 l/h
- Velocidad de aire (va): de 4,4 a 6,9 m/s
- Presión de aire: 2 bar

El equipo se alimentó con agua durante un mínimo de 20 minutos antes de alimentar la muestra, a fin de estabilizar las condiciones de operación y después de realizar cada corrida de secado para limpieza del circuito.

El extracto acuoso de yacón se alimentó al secadero a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) y se secó utilizando las condiciones de operación cuyos rangos de estudios fueron encontrados con la muestra control, para validar las mismas. El sólido obtenido se pesó, se envasó bajo vacío (93%) y se almacenó a temperatura ambiente. Se calculó el rendimiento (y) de la operación de secado mediante:

Donde:
$$y = \frac{S_T}{S_{T0}} \times 100$$

S^{T0}: contenido de sólidos en la solución de alimentación

S^T: contenido de sólidos en el polvo final

Se analizaron las propiedades de los polvos obtenidos, con el fin de seleccionar las mejores condiciones del proceso de secado.

Análisis del polvo concentrado en FOS obtenido

Se determinaron:

- El contenido de humedad en el polvo (Met. AOAC 984.25).
- Temperatura de transición vítrea (T_g) por Calorimetría Diferencial de Barrido, usando un equipo TA Instruments Modelo Q2000, conectado a una computadora con software TA Instrument Control (Sardar y Singhal, 2013).
- Actividad de agua (aw) del sólido, usando un equipo Aqua Lab Series 3 TE (Met. AOAC 978.18)
- Solubilidad en agua a 25°C (Cano-Chauca et al., 2005)
- El tiempo de disolución, agregando 10 g de sólido a 100 ml de agua en continua agitación a 400 rpm y 25°C (Beristain et al., 1994).
- La higroscopicidad (Hg), expresada como el contenido de humedad final del sólido expuesto a un ambiente de HR constante de 79,5%. Se determinó mediante metodología descrita por Jaya y Das (2004) y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$HG\% = \frac{\frac{b}{a} + W_i}{1 + \frac{b}{a}} \cdot 100$$

Donde b (g) es el aumento de peso del sólido, a (g) es la cantidad inicial de sólido y W_i (% b.h.) es la humedad inicial del sólido (en base húmeda).

- El contenido de fructanos por el Mét. AOAC 999.03

Se realizaron los mismos estudios sobre el polvo recuperado del secado de la solución de producto comercial, obtenido en la etapa de diseño.

Análisis estadístico

Los datos experimentales se analizaron con el

Software Statgraphics Centurion XVII. Se realizó un análisis ANOVA multifactorial, buscando además posibles correlaciones, con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de obtención de jugo de yacón clarificado tuvo un rendimiento del 78,47%, calculado en función del peso inicial del yacón; el pH del jugo fue de 6,0±0,2, su contenido de sólidos solubles del 11,8±0,7 °Brix y presentó un contenido de sólidos totales del 13,5±0,7 %. La solución concentrada de fructanos, obtenida por ultrafiltración, tuvo un pH de 6,06±0,08; un contenido de sólidos solubles de 7,5±0,5 °Brix, un contenido de sólidos totales del 7,4±0,1 % y un contenido de fructanos del 2,11±0,03 g/100g de jugo permeado.

Las condiciones de secado y los rendimientos obtenidos en la prueba preliminar de diseño, en la que se utilizó solución de FOS comercial de 25%, 10% y 7% (p/p), se pueden apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1: condiciones de secado FOS comercial.

Tratamiento	Concentración. %	F _a (l/h)	v _a (m/s)	T _e (°C)	T _s (°C)	HR% amb.	Rendimiento (y) %
T ₁	25	1,60	4,40	158	80	70	4,3±0,4 ^(a)
T ₂	25	1,30	4,40	160	93	70	6,3±0,5 ^(b)
T ₃	25	0,30	4,40	165	110	60	73,4±1,2 ^(c)
T ₄	10	1,60	6,10	124	77	42	21,2±0,9 ^(a)
T ₅	10	1,30	6,10	130	88	46	66,3±0,7 ^(b)
T ₆	10	0,30	6,10	133	96	46	70,3±0,3 ^(c)
T ₇	7	1,60	6,10	130	80	60	34±1,3 ^(a)
T ₈	7	1,30	6,10	135	95	56	60±0,6 ^(b)
T ₉	7	0,30	6,10	135	100	61	67±0,9 ^(c)

Valores promedio en la misma columna con letras distintas son significativamente diferentes (P<0,05).

Las combinación de condiciones estudiadas que generaron rendimientos nulos o cercanos a cero (Fa>1,6 L/h y va > 6,10m/s) no fueron incluidas en la Tabla 1.

El resultado del análisis multifactorial y de las posibles correlaciones cuando se utilizaron las 3 variables independientes (concentración, flujo de alimentación y velocidad del aire de secado) mostró que el valor-P en la tabla ANOVA fue menor que 0,05, con lo cual puede afirmarse que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0%. Dado que el valor-P más alto de las variables independientes fue de 0,9057, que corresponde a la variable concentración y puesto que el valor-P resultó ≥ 0,05, ese término no es estadísticamente significativo, con un nivel de confianza del 95,0%. Consecuentemente se consideró realizar el análisis eliminando la variable concentración del modelo. En este caso el valor-P en la tabla ANOVA resultó menor que 0,05, lo que muestra que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0% (Tabla 2). Dado que el valor-P más alto de las variables independientes es 0,0332, que corresponde a la velocidad del aire y puesto que el valor-P es menor que 0,05, el término correspondiente a la variable velocidad del aire es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95,0%.

	Rendimiento	Fa	va
Rendimiento	1.0000	-0.2389	-0.9309
Fa	-0.2389	1.0000	-0.1012
va	-0.9309	-0.1012	1.0000

Tabla 2: Matriz de Correlación para las estimaciones de los coeficientes.

La correlación muestra que el rendimiento aumenta significativamente con la velocidad del aire y disminuye significativamente con el flujo de alimentación, similar a lo que informan Chegini y Ghobadian (2007), quienes obtuvieron mayores rendimientos en el secado de jugo de naranja a Fa bajos. Estos resultados se atribuyen que al ser un flujo bajo, la relación aire/alimentación se hace mayor y por tanto se logra una eliminación más eficiente del agua, evitando la proyección de gotas de líquido sobre las paredes del equipo, las que luego se secan sobre la superficie formando una capa tipo costra que se adhiere a la pared del equipo. Esa capa implica una pérdida de sólidos que no se recuperan y que, por lo tanto, disminuye el rendimiento de la operación.

La temperatura del aire de secado, tanto a la entrada como a la salida del equipo, influye sobre el rendimiento y queda determinada operacionalmente una vez que se fija el caudal de alimentación y la velocidad del aire. Por esta razón se realizó un análisis estadístico independiente para visualizar el efecto de la temperatura sobre el rendimiento. Se encontró que el valor-P en la tabla ANOVA resultó menor que 0,05, con lo cual se demuestra que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0%. El rendimiento del secado aumenta conforme la temperatura se incrementa. Tonon y otros (2008) mencionan que el incremento de la temperatura conduce a altos rendimientos, atribuyéndose este efecto a la gran eficiencia de los procesos de transferencia de calor y masa que ocurren cuando se incrementa la temperatura.

La mayor recuperación de polvos se logró cuando la Te fue de 165°C y la Ts de 110°C. Al respecto,

Oomah y Mazza (2001) señalan que un incremento en la temperatura del aire, a la salida del secadero spray, favorece la recuperación de los polvos e informan que obtuvieron mayor rendimiento cuando T_s fue de 85°C , mientras que, para este trabajo, la más alta recuperación de polvos se logró cuando T_s fue 110°C .

Según se observa en la Tabla 1 los mejores rendimientos se obtuvieron con los tratamientos T3,

En la Tabla 3 se muestran las condiciones de secado que permitieron obtener el polvo de fructanos de yacón. Para valores de flujo de alimentación

T5 y T10. Las condiciones de esos tres tratamientos se eligieron para el secado del extracto de fructanos. Con las tres, se observó una capa de sólido adherida a la superficie interna del ciclón y a las tuberías del equipo, con lo que el rendimiento obtenido fue muy bajo. Por ello se decidió incorporar maltodextrina (3%) como coadyuvante de secado (Bhandari y otros, 1993). Esto llevó a la necesidad de estudiar nuevamente las de condiciones de secado, ampliando el rango.

mayores a 0,63 l/h y para velocidades de aire menores a 4,40 m/s se obtuvieron rendimientos nulos, por lo cual no fueron incluidos en la Tabla.

Tabla 3: condiciones de secado del concentrado de fructanos de yacón.

Tratamiento	F_a (l/h)	v_a (m/s)	T aire amb ($^\circ\text{C}$)	HR amb %	T_e ($^\circ\text{C}$)	T_s ($^\circ\text{C}$)	Rendimiento (y) %
T ₁	0,63	4,4	22	56	146	110	1,8±0,1
T ₂	0,63	5,60	20	59	156	112	3,8±0,1
T ₃	0,30	6,10	23	67	156	119	6,7±0,3
T ₄	0,30	6,9	23	71	165	125	32,3±0,6
T ₅	0,30	6,9	23	59	162	122	38,5±0,6
T ₆	0,30	6,9	16,5	44	160	120	65,6±0,9

El mayor rendimiento se obtuvo con el Tratamiento T6, que resulta de la combinación de una temperatura de entrada de aire de 160°C , temperatura de salida de aire de 120°C , con un flujo de alimentación de 0,30 l/h y velocidad de aire 6,9 m/s.

Se observó que por encima de 165°C (temperatura de entrada del aire) el producto no se recupera y empieza la degradación del material. Berna (2009) estudió el efecto de la temperatura en el rango 160-

Los resultados en cuanto a las propiedades fisicoquímicas evaluadas sobre el producto

200°C , obteniendo mejores rendimientos con 160°C , mientras que Murga-Ramírez (2014), trabajando en rangos de temperatura que van de 160°C a 180°C alcanzaron mejores resultados con 170°C .

Un parámetro que resultó importante para la obtención del mejor rendimiento fue la humedad relativa del ambiente, mientras más bajo su valor mayor rendimiento del proceso.

obtenido con las condiciones que arrojaron el mayor rendimiento, se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4: propiedades fisicoquímicas del polvo de fructanos de yacón.

Parámetros	Muestra	
	Comercial	FOS Yacón
Humedad %	3,3±0,1 ^(a)	1,9±0,5 ^(b)
Actividad de agua	0,39±0,01 ^(a)	0,22±0,01 ^(b)
Temperatura de transición vítrea $^\circ\text{C}$	40,96±0,01 ^(a)	62,90±0,01 ^(b)
Solubilidad %	96,33±0,01 ^(a)	85,02±0,01 ^(b)
Tiempo de disolución (min)	2,5±0,1 ^(a)	3,24±0,03 ^(b)
Higroscopicidad %	52,76±0,02 ^(a)	52,40±0,02 ^(a)
Contenido de fructanos (g/100g)	93±4 ^(a)	44±3 ^(b)

Se observa que los valores de humedad y actividad de agua del producto en polvo obtenido de yacón son menores a los obtenidos con el producto comercial. El contenido de humedad se encuentra dentro de los encontrados por Brites (2013) y Nishi (2012), quienes trabajaron deshidratando un extracto acuoso de yacón. Los bajos valores de humedad y las bajas actividades de agua son necesarios para la conservación de los productos alimenticios, lo que permite asegurar su estabilidad durante el almacenamiento y por un tiempo relativamente prolongado. En ambos casos los valores de actividad de agua se encuentran cercanos a los encontrados por Nishi (2012), quien trabajó con una solución de permeado de yacón, con un 10% de goma arábica, secando a 160°C. Los bajos valores alcanzados le confieren mayor estabilidad al producto ante los fenómenos degradativos que podrían ocurrir durante el almacenamiento.

El sólido obtenido a partir de yacón presenta una temperatura de transición vítrea (T_g) mayor que el obtenido a partir del producto comercial. Estos resultados se relacionan con el hecho de que la T_g disminuye con el aumento de la concentración de agua en el producto y dado que el agua es un plastificante eficaz en matrices de alimentos, es capaz de disminuir la temperatura de transición vítrea y la resistencia mecánica, determinando un efecto de ablandamiento con el aumento de su concentración (Pittia y Sacchetti, 2008).

La solubilidad del sólido desarrollado a partir del yacón resultó menor que la del producto comercial mientras que su tiempo de disolución fue mayor. La solubilidad se relaciona a la reconstitución del polvo, es decir a su capacidad de formar una solución o suspensión en agua (Barbosa-Cánovas y Juliano, 2005). Brittes (2013) reportaron que la solubilidad de un polvo de yacón ultrafiltrado encapsulado con un 10% de goma arábica fue del 92,98%. Fazaeli y otros (2012) obtuvieron valores de solubilidad de aproximadamente 87% en el jugo de mora en polvo al aumentar la temperatura de 110° a 150 ° C, usando una concentración de maltodextrina del 8 al 16%.

No se encontraron diferencias significativas entre los valores de higroscopicidad obtenidos con polvo de fructanos de yacón y con el producto comercial, implicando que ambos productos tienen igual capacidad para absorber agua de un ambiente de humedad relativa superior a la de equilibrio (Jaya

y Das, 2004). Brittes (2013) informaron valores de higroscopicidad del 14 al 17% con 10 y 15% de goma arábica, siendo éstos menores a lo obtenido con el polvo de fructanos de yacón con 3% de maltodextrina. Esto podría evidenciar que al trabajar con mayores concentraciones de coadyuvante de secado se generan polvos menos higroscópicos.

El contenido de cada fructooligosacárido de grado de polimerización entre 2 (GF2) y 4 (GF4) en el yacón, varía debido a que éstos pueden sufrir hidrólisis a altas temperaturas, resultando en monómeros de baja masa molar, contribuyendo a un aumento de la higroscopicidad lo que produce la pegajosidad del polvo. Esto llevó a la necesidad de envasar al vacío el producto, inmediatamente luego de ser obtenido y de almacenar en ambiente de humedad relativa menor a la ambiente (HR=20%).

El contenido de fructanos del extracto seco en estudio (Tabla 4) fue significativamente menor al producto comercial, lo que podría ser resultado de la presencia de hidratos de carbono simples presentes en el tubérculo fresco cuyo peso molecular es también menor al punto de corte de la membrana de ultrafiltración usada para la etapa de concentración. Sin embargo la concentración de fructanos obtenida es mayor a la reportada por Brites (2013) quien encontraron un contenido de fructanos de 4,71g/100g en polvo deshidratado y a lo informado por Nishi (2012) quien encontró valores de 36,34 % p/p, lo que demuestra la efectividad de la etapa de concentración por ultrafiltración.

CONCLUSIONES

El rendimiento del producto final aumenta a medida que se incrementa la velocidad de aire y se disminuye el caudal de alimentación y conforme se incrementa la temperatura de secado.

La utilización de maltodextrina 3% p/p, como coadyuvante de secado del extracto de yacón, permite llevar a cabo el proceso disminuyendo la pérdida de material por adherencia al equipo.

A mayor relación aire/alimentación se logra una eliminación más eficiente del agua, evitando la proyección de gotas de líquido sobre las paredes del equipo, las que luego se secan sobre la superficie formando una capa tipo costra que se adhiere a la pared del equipo.

Las condiciones del proceso de secado que maximizaron el rendimiento del producto final (65,6%) resultaron en un flujo de alimentación 0,30 l/h, velocidad de aire de secado 6,9 m/s, temperatura de entrada del aire de 160°C y temperatura de salida del aire 120°C.

El polvo concentrado en FOS de yacón resultó higroscópico, lo que hace que no sea posible almacenarlo expuesto a las condiciones ambientales. El producto envasado al vacío, inmediatamente después de procesado, resultó estable.

Las características del sólido desarrollado muestran que podría tener aplicaciones como ingrediente aportador de FOS en la formulación de productos alimenticios.

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist.
- Andersson, H.; Asp, N.G.; Bruce, A.; Roos, S.; Wadström, T. & Wold, A.E. 2001. Health effect of probiotics and prebiotics. *Journal of Nutrition*. 45: 58-75.
- Arcia, P.L.; Costell, E. & Tárrega, A. 2011. Inulin blend as prebiotic and fat replacer in dairy desserts: optimization by response surface methodology. *Journal of Dairy Science* 94(5): 2192-2200.
- Barbosa-Canovas, G.V. & Juliano, P. 2005. Compression and compaction characteristics of selected food powders. *Advances in Food and Nutrition Research* 49(1): 233-300.
- Beristain, C.; Mendoza, R.; Garcia, H. & Vazquez, A. 1994. Cocrystallization of Jamaica (*Hibiscus sabdarifa* L.) granules. *LebensmittelWissenschaft und-Technologie* 27(4): 347-349.
- Berna, M.L. 2009. Obtención de microencapsulados funcionales de zumo de *Opuntia stricta* mediante secado por atomización. Trabajo final de grado Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Química Industrial. Unidad Politécnica de Cartagena. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/60416955.pdf>. Último acceso: 21 de diciembre 2018.
- Bhandari, B.R.; Senoussi, A.; Dumoulin, E.D. & Lebert, A. 1993. Spray drying of concentrated fruit juices. *Drying Technology* 11(5): 1081-1092.
- Bolenz, S.; Amtsberg, K. & Schäpe R. 2006. The broader usage of sugars and fillers in milk chocolate made possible by the new EC cocoa directive. *International Journal of Food Science and Technology* 41: 45-55.
- Brennan, C. S.; Kuri, V. & Tudorica, C. M. 2004. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. *Food Chemistry* 86(2): 189-193.
- Brites, M.L. 2013. Separação de frutooligossacarídeos a partir do yacón (*Smallanthus sonchifolius*) por ultrafiltração e encapsulamento por atomização. Dissertação (Mestrado PPGCTA), UFRGS: Porto Alegre. 147p. Disponible en: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/88881/000908979.pdf?sequence=1>. Último acceso: 21 de diciembre 2018.
- Cano-Chauca, M.; Stringheta, P. C.; Ramos, A. M. & Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 6(4): 420-428.
- Chegini, G. R. & Ghobadian, B. 2007. Spray dryer parameters for fruit juice drying. *World Journal of Agricultural Sciences* 3(2): 230-236.
- Coussement, P. A. 1999. Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status. *The Journal of nutrition* 129(7): 1412-1417.
- Cummings, J.; Macfarlane, G. & Englyst, N. 2001. Prebiotic digestion and fermentation. *The American Journal of Clinical Nutrition* 73(2): 415-420.
- Fazaeli, M.; Emam-Djomeh, Z.; Ashtari, A. K. & Omid, M. 2012. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and bioprocess technology* 90(4): 667-675.
- Flaczyk, E.; Górecka, D.; Kobus, J. & Szymandera-Buszka, K. 2009. The influence of inulin addition as

fat substitute on reducing energy value and consumer acceptance of model pork meatballs. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 16(4).

García-Peris, P. & Velasco-Gimeneo, C. 2007. Evolución en el conocimiento de la fibra. *Nutrición hospitalaria* 22(2): 20-25.

Genta, S.; Cabrera, W.; Habbi N.; Juan, P.; Carrillo, I.M.; Grau, A. & Sanchez, S. 2009. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clinical nutrition* 28(2): 182-187.

Hennelly, P.J.; Dunne, P.G.; O'Sullivan, M. & O'Riordan, E.D. 2006. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *Journal of Food Engineering* 75(3): 388-395.

Ismail, E. A.; Al-Saleh, A.A. & Metwalli, A.A.M. 2013. Effect of Inulin Supplementation on Rheological Properties of Low-Fat Ice Cream. *Life Science Journal* 10(3): 1742-1746.

Jaya, S. & Das, H. 2004. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. *Journal of Food Engineering* 63(2): 125-134.

Koca, N. & Metin, M. 2004. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal* 14(4):365-373.

Madrigal, L. & Sangronis, E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 57(4): 387-396.

Maldonado, S. & Nuñez-Souza, M. 2013. Efecto del pH y el almacenamiento sobre los fructooligosacáridos del yacón (*Smallanthus sonchifolius*). IV Congreso Internacional de Ciencia y tecnología de los Alimentos. Córdoba.. Libro de trabajos completos. Conservación y almacenamiento I Biotecnología I Inocuidad. ISBN 978-950-33-1072-4.

Moscato, J. A.; Borsato, D.; Bona, E.; De Oliveira, A. S. & de Oliveira Haully, M. C. 2006. The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacon meal. *International journal of food science & technology* 41(2): 181-188.

Murga-Ramirez, E. G. (2014). Estudio del secado por atomización de la pulpa de Guayaba (*Psidium guajava* L.) del ecotipo rosado. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/313>. Último acceso: 21 de diciembre 2018.

Niness, K. 1999. Breakfast foods and the health benefits of inulin and oligofructose. *Cereal Foods World* 44 (2): 79-81.

Nishi, A. C. F. 2012. Extrato aquoso de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) desidratado por atomização. 84p. Tesis (Maestría en Nutrición y Salud), Universidad Federal de Goiás, Goiânia. Disponible en: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/1475/1/Dissertacao%20Candida%20Faustino%20Nishi.pdf>. Último acceso: 21 de diciembre 2018.

Oomah, B. D., & Mazza, G. 2001. Optimization of a spray drying process for flaxseed gum. *International journal of food science & technology* 36(2): 135-143.

Pittia, P. & Sacchetti, G. 2008. Antiplasticization effect of water in amorphous foods. A review. *Food Chemistry* 106(4): 1417-1427.

Roberfroid, M. B. 2000. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? *The American Journal of Clinical Nutrition* 71(6): 1682-1687.

Sardar, B. R. & Singhal, R. S. 2013. Characterization of co-crystallized sucrose entrapped with cardamom oleoresin. *Journal of Food Engineering* 117(4): 521-529.

Seminario, J.; Valderrama, M. & Manrique, I. 2003. El yacón: Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Lima, Perú.

Tonon, R. V.; Brabet, C. & Hubinger, M. D. 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering* 88(3): 411-418.

Yi, H.; Zhang, L.; Hua, C.; Sun, K. & Zhang, L. 2010. Extraction and enzymatic hydrolysis of inulin from Jerusalem artichoke and their effects on textural

and sensorial characteristics of yogurt. *Food and Bioprocess Technology* 3(2): 315-319.

Yun, J.W. 1996. Fructooligosaccharides occurrence preparation and applications. *Enzyme and Microbial Technology* 19(2): 107–117.

EVALUACIÓN HIGIÉNICO SANITARIA EN CARNE PICADA FRESCA, EMBUTIDOS Y CARNICERIAS DE LA CIUDAD DE EL CARMEN, JUJUY

SANITARY HYGIENIC EVALUATION IN FRESH MINCED MEAT, COLD MEATS AND BUTCHER'S IN EL CARMEN CITY, JUJUY

Rozo, V. F. ¹; Ortega, A. M. A. ¹; Rodríguez, C. I. ¹; Santapaola, M. F. ¹; Rodríguez, C. ¹; Díaz, M. ¹

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la calidad microbiológica de carne picada, presencia de sulfitos en embutidos, y las condiciones higiénico-sanitaria de carnicerías de El Carmen. Para el análisis microbiológico se recolectaron 15 muestras de carne picada, 14 hisopados de picadoras y 14 de mesadas. Se realizó Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas (BAM), Coliformes Fecales (CF) y Presencia-Ausencia de *Escherichia coli*. Los resultados son aceptables/inaceptables según Código Alimentario Argentino (CAA) y la norma NOM-093-SSA1-1994. Para la determinación de sulfitos se recolectaron 15 muestras de chorizo. Se realizó la prueba de verde de malaquita. Para la evaluación higiénico-sanitaria se utilizó una lista de chequeo de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). BAM en carne y picadora, 100% y 7,1% son aceptables respectivamente, en mesada ninguna es aceptable. CF en carne, picadora y mesada, 46,6%, 71,4% y 78,6% son aceptables respectivamente. E. coli para carne, picadora y mesada, hay ausencia 66,6%, 71,4% y 78,6% respectivamente. El 27% de los chorizos presentan sulfitos, indicando incumplimiento del CAA. El 13% de las carnicerías cumplen con las BPM. Podría haber una relación entre las carnicerías con incumplimiento en BPM y las muestras de carne picada, picadora y mesada inaceptables, y continúa existiendo fraude en la comercialización de chorizo.

Palabras claves: Carnicería. Carne picada. Higiene. *E. coli*

SUMMARY

The objective was to evaluate the microbiological quality of minced meat, the presence of sulphites in sausages, and the hygienic-sanitary conditions of butcher's in El Carmen. To perform the microbiological analysis 15 samples of minced meat, 14 swabs of mincers and 14 of countertops were collected. A count of Mesophilic Aerobic Bacteria (BAM), Fecal Coliforms (CF) and Presence-Absence of *Escherichia coli*. was performed. The results are acceptable / unacceptable according to the Argentine Food Code (CAA) and standard NOM-093-SSA1-1994. To determine sulphites, 15 samples of chorizo were collected. The malachite green test was carried out. For the hygienic-sanitary evaluation, a checklist of Good Manufacturing Practices (GMP) was used. BAM in meat and mincer, 100% and 7.1% are acceptable respectively, in countertops none is acceptable. CF in meat, mincer and countertop, 46.6%, 71.4% and 78.6% are acceptable respectively. There is a 66.6%, 71.4% and 78.6% E. Coli absence in minced meat, mincer and countertop respectively. 27% of chorizos have sulphites, showing a CAA unfulfilment. 13% of the butcher's comply with the GMP. There could be a significant correlation between butcher's with GMP noncompliance and unacceptable samples of minced meat, mincer and countertop, and there still is fraud in chorizo commercialization.

Keywords: Butchers. Minced meat. Hygiene. *E. coli*

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) causadas por microorganismos, constituyen uno de los problemas sanitarios más importante en el mundo actual, no sólo afectan significativamente la salud y bienestar de la población, sino que tienen consecuencias económicas para las personas, comunidades, negocios y en general para los países, ya que provocan pérdidas de ingresos, desempleo y pleitos (FAO, 2007).

De los brotes de ETA, el 60% son de etiología desconocida y dentro de las causas conocidas, las materias primas de origen animal son las que con mayor frecuencia parecen estar involucradas, siendo en su mayoría por presencia de bacterias (FAO/OMS, 2005). Argentina es el país con mayor número de casos de Síndrome Urémico Hemolítico (SUH) en el mundo. Por año, cerca de 500 personas contraen esta enfermedad, que afecta principalmente a los niños de entre 6 meses y 5 años. En la mayoría de los casos, el SUH se contrae al consumir carne insuficientemente cocida portadora de una bacteria, la *Escherichia coli* 0157:H7 (Berges y otros, 2016).

Las canales y cortes de carne son vulnerables a la contaminación durante el procesamiento, por lo cual si no son correctamente manejados, procesados y conservados, pueden permitir el crecimiento de diferentes microorganismos de deterioro y patógenos. En el matadero una variedad de fuentes contribuye a la contaminación microbiológica durante el proceso, el cual incluye faenamiento, desollado, evisceración, refrigeración y desposte, donde los músculos de los animales son expuestos al ambiente. Estas fuentes de contaminación pueden ser el aire, agua, suelo, heces, piel, intestinos, nódulos linfáticos, equipos de procesamiento, utensilios y seres humanos (Koutsomanis y Sofos, 2004). Posteriormente, la contaminación prosigue durante el transporte de las canales o cortes de carne a los lugares de venta, donde puede ocurrir contaminación durante su almacenamiento si las condiciones higiénicas son desfavorables (Pascual y Calderón, 2000).

Dentro de las distintas formas de comercialización de la carne, la picada es la que está expuesta a una alteración más fácil, debido a su amplia superficie de contaminación, al estar finamente triturada, y su mayor manipulación (Pascual y Calderón, 2000). En la carne recién obtenida, hay barreras naturales (paredes celulares, tejido conjuntivo, aponeurosis, grasa de cobertura, etc.) que dificultan el acceso

a las bacterias, pero el proceso de molienda las eliminaría facilitando su ingreso (Jay, 2002). De esta manera, se ha demostrado que las carnes picadas contienen mayores cantidades de microorganismos que las carnes enteras.

Diversos estudios evaluaron la calidad microbiológica de carnes picadas de carnicerías y supermercados, en los cuales se han encontrado contaminación con diversos microorganismos, revelando una falta de higiene e inadecuado manejo del proceso (Leotta y otros, 2014; Delgado y otros, 2015).

En función de la velocidad de pérdida de calidad de la carne picada, los comerciantes vienen utilizando el artificio fraudulento de añadir aditivos conservantes al producto, con el fin de prolongar la validez comercial, o incluso de enmascarar un posible estado de putrefacción incipiente. Esta práctica ilegal puede causar efectos adversos a la salud del consumidor debido a la toxicidad de algunos aditivos.

La utilización de los derivados del azufre como conservantes está reglamentada en la legislación sanitaria de muchos países con un criterio rígido, mientras se permite su adicción a vinos, frutos secos, mostazas y algunas conservas vegetales, se niega rotundamente la posibilidad de ser empleados en carnes y productos cárnicos. Esto está basado en la posibilidad de enmascarar una carne putrefacta, ya que suprime malos olores y devuelve a la carne gris verdosa, en vías de descomposición, a un color rojo vivo. Los compuestos del azufre deben su poder conservante y su capacidad de dar una coloración rojiza a la carne a la producción de anhídrido sulfuroso.

La adición de sulfito en alimentos es objeto de debate debido a algunas observaciones que sugieren riesgos potenciales para la salud. Algunos individuos presentan sensibilidad cuando están expuestos a esta sustancia, especialmente los asmáticos, que pueden presentar bronco espasmos; una segunda preocupación se refiere a los efectos carcinogénicos y mutagénicos de esta sustancia. También es responsable de destruir con mucha rapidez, en el tubo digestivo, la vitamina B1, no sólo la que se encuentra en el alimento tratado, sino también la que proviene de otros alimentos, pudiendo de la misma manera afectar a otras vitaminas (Silva y otros, 2009).

La inspección de la carne es el principal método

utilizado para garantizar y proporcionar carne inocua y sana para el consumo humano. La responsabilidad de lograr este objetivo reside en primer lugar en las autoridades competentes en materia de salud pública, las cuales están generalmente representadas en el matadero por los veterinarios o inspectores de la higiene de la carne. Entre los puntos débiles frecuentes de la inspección de la carne cabe destacar la carencia de un cuerpo de inspectores independiente, competente y que cuente con recursos suficientes y capacidad jurídica y práctica plena para emitir un dictamen objetivo sobre la idoneidad de la carne y las distintas partes de los animales destinadas al consumo humano (FAO, 2018).

En este estudio se realizaron análisis microbiológicos de carne molida fresca y de superficies inertes que contactan con la misma, se evaluaron las condiciones higiénico sanitaria de las carnicerías con el objetivo de determinar si la carne que se expende para consumo minorista en la ciudad de El Carmen cumple con estándares de calidad. Se determinó la presencia de sulfitos en embutidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de muestras

Entre los meses de agosto y diciembre de 2017 se seleccionaron para el estudio 15 carnicerías que presentaban deficiencias higiénico-sanitarias de acuerdo a un diagnóstico realizado previamente por el Departamento de Bromatología de la Municipalidad de El Carmen.

Análisis microbiológicos

Toma de muestra de carne molida

Se recolectaron 15 muestras de carne picada durante la mañana entre 8:00 AM y 11:00 AM, se le pidió al carnicero que despachara la carne a los clientes y que depositara 100 gramos de carne en un recipiente estéril y hermético.

Toma de muestra de superficie y equipo

Se recolectaron 14 hisopados de máquinas de picar y 14 hisopados de mesadas, antes de la jornada de trabajo. Las muestras de las mesadas y los equipos fueron obtenidas en base al procedimiento estipulado por la Organización Internacional de Estandarización

(ISO) a través de la Norma 18593:2004.

Método del hisopo

a) Descripción:

Consiste en frotar con un hisopo estéril previamente humedecido en una solución diluyente, el área determinada en el muestreo.

b) Materiales:

- Hisopos de algodón u otro material equivalente, de largo aproximado de 12 cm.
- Tubo de ensayo con tapa hermética conteniendo 10 mL de solución diluyente estéril.
- Plantilla estéril, con un área abierta en el centro de 100 cm² (10 cm x 10 cm).

c) Procedimiento:

1. Colocar la plantilla (10 cm x 10 cm) sobre la superficie a muestrear.
2. Humedecer el hisopo en la solución diluyente y presionar ligeramente en la pared del tubo con un movimiento de rotación para quitar el exceso de solución.
3. Con el hisopo inclinado en un ángulo de 30, frotar 4 veces la superficie delimitada por la plantilla, cada una en dirección opuesta a la anterior. Asegurar el hisopado en toda la superficie.

5. Colocar el hisopo en el tubo con la solución diluyente, quebrando la parte del hisopo que estuvo en contacto con los dedos del muestreador, la cual debe ser eliminada.

a) Expresión de resultados microbiológicos.

Para superficies regulares: el número de colonias obtenidas (ufc) se multiplicará por el factor de dilución y por el volumen de solución diluyente utilizada en el muestreo (10 mL) y se dividirá entre el área de la superficie hisopada o muestreada (100 cm²).

Para la superficie del disco agujereado de la máquina moladora fue necesario determinar su área para expresar los resultados de manera precisa, utilizando para esto el disco de una máquina moladora de tamaño promedio. Como resultado se obtuvo un área de 23,4 cm². Tal valor fue calculado en base a las siguientes fórmulas:

$$A1 = \pi \times r^2$$

A¹ = Área bruta del disco = 38,4846 cm²

π = Valor Pi = 3,1416

r = Radio del disco = 3,5 cm

$$A_1 = (\pi \times r^2) \times n$$

A_2 = Sumatoria de las áreas de los agujeros del disco
= 15,07968 cm²

π = Valor Pi = 3,1416

r = Radio de un agujero del disco = 0,4 cm

n = Número de agujeros del disco = 30

$$A_2 = A_1 - A_3$$

A_3 = Área neta del disco = 23,40492 cm² \approx 23,4 cm²

Las muestras fueron recolectadas asépticamente por triplicado, identificadas, transportadas a temperatura de refrigeración y analizadas dentro de las 24 horas en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias.

El análisis de las muestras se realizó mediante métodos convencionales normalizados por la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para los Alimentos (ICMSF). Se realizó Recuento de Aerobios Mesófilos por el método de Recuento en Placa a 35° C, Coliformes Totales y Fecales por el método del Número Más Probable (NMP) y Presencia-Ausencia de *E. coli* en agar eosina azul de metileno.

Los resultados se expresaron como niveles "Aceptables" o "Inaceptables", teniendo como parámetro para carne picada los valores indicados en el artículo 255 del Código Alimentario Argentino, para coliformes se tomó como referencia el valor establecido para *E. coli*, ya que no son considerados por esta norma. Para los límites que se admiten en los conteos ambientales no existen normativas específicas en nuestro país, por esta razón, para los resultados obtenidos de las superficies de las maquinas de picar y mesadas se tomó como referencia la norma oficial mexicana NOM-093-SSA1-1994.

Determinación de sulfito

Se recolectaron 15 muestras al azar de piezas de chorizo de las carnicerías evaluadas. Se colocó una pequeña cantidad de cada muestra sobre un papel parafinado, se añadió 0,5 mL de solución de verde de malaquita al 20% y se mezcló durante 2 o 3 minutos. Cuando la muestra no contiene sulfitos se vuelve azul-verde y cuando los contiene decoloran el

colorante (AOAC 961.09, 1995).

En el artículo 323 del Código Alimentario Argentino, se detalla la lista de aditivos alimentarios permitidos en Chacinados: frescos embutidos o no secos, curados y/o madurados o no; cocidos embutidos o no embutidos. Derivados del azufre como conservantes no se encuentra en la mencionada lista. Por lo tanto, se considera prohibido su uso en esos estos tipos de alimentos.

Diagnóstico higiénico-sanitario de las carnicerías mediante Inspección Visual

Como instrumento de evaluación del perfil higiénico-sanitario de las carnicerías, se utilizó una lista de chequeo de verificación de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Las Buenas Prácticas de Manufactura son una serie de prácticas y procedimientos que se encuentran incluidos en el Código Alimentos Argentino (CAA) desde el año 1997 y que son una herramienta clave para lograr la inocuidad de los alimentos.

Las listas de chequeo son de gran utilidad a la hora de realizar una inspección, ya que las mismas nos permiten seguir una secuencia organizada, sin dejar ningún punto clave de lado, además de permitir un manejo eficaz del tiempo para cada área o actividad durante la supervisión, facilitando el registro de las observaciones y evidencias.

De acuerdo a lo establecido por el Ministerio de Salud Chileno, se considera que un establecimiento cumple con las BPM si reúne las siguientes condiciones: autorización sanitaria de funcionamiento, abastecimiento de agua potable, manejo de residuos sólidos, disposición de residuos líquidos, servicios higiénicos de los manipuladores, y sí el porcentaje de cumplimiento de las auditorías de BPM es igual o superior al 70% (Bastias y otros, 2013).

El instrumento de recolección de datos, incluyó los siguientes ítems: instalaciones, limpieza y sanitización, control de plagas, higiene del personal, capacitación, materias primas, procesos y productos terminados.

Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados se utilizó

estadística descriptiva a través del Software InfoStat versión 2017 (Di Rienzo y otros, 2017).

de recuentos de aerobios, coliformes totales y fecales, y *E. coli* que se realizaron a las muestras de carne picada, mesada y máquina de picar que se encuentran dentro de los rangos estipulados por las normativas, para índice máximo permisible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis microbiológicos

En la Tabla 1 se pueden observar los resultados

Muestra: Carne picada			
BAM (UFC/g)	Coliformes Totales (NMP/g)	Coliformes Fecales (NMP/g)	Presencia/Ausencia <i>E. coli</i>
15 (100%) Aceptable	5 (33,3%) Aceptable	7 (46,6%) Aceptable	10 (66,6%) Aceptable
Valor de referencia: Nivel Aceptable: < 10 ⁷ UFC/g y 5.10 ² NMP/g			
Muestra: Mesada			
BAM (UFC/cm ²)	Coliformes Totales (NMP/cm ²)	Coliformes Fecales (NMP/cm ²)	Presencia/Ausencia <i>E. coli</i>
1 (7,1%) Aceptable	11 (78,6%) Aceptable	11 (78,6%) Aceptable	11 (78,6%) Aceptable
Valor de referencia: Nivel Aceptable: < 4.10 ² UFC/cm ² y 2.10 ² NMP/cm ²			
Muestra: Máquina de picar			
BAM (UFC/cm ²)	Coliformes Totales (NMP/cm ²)	Coliformes Fecales (NMP/cm ²)	Presencia/Ausencia <i>E. coli</i>
0 (100%) Aceptable	4 (28,5 %) Aceptable	10 (71,4%) Aceptable	10 (71,4%) Aceptable
Valor de referencia: Nivel Aceptable: < 4.10 ² UFC/cm ² y 2.10 ² NMP/cm ²			

Tabla 1: Calidad microbiológica de carne picada, mesada y máquina de picar

Todas las muestras de carne picada presentaron recuentos aceptables para aerobios mesófilos, con una carga promedio de 5,1.10⁵ UFC/g, resultados similares han sido reportados por Cravero y otros, 2007, al estudiar 25 muestras de carne molida que se utilizaban para elaborar hamburguesas que se expendían en la provincia de Salta, el 95% de las muestras presentaron recuento de aerobios con valores que oscilaron entre 10³ a 10⁷ UFC/g. Si bien los valores hallados en nuestro estudio cumplen con la normativa, la carga microbiana presente podría alertar sobre posibles deficiencias en el proceso de elaboración de la carne molida, incorrecta conservación y la posibilidad de que existan patógenos (Frazier y Westhoff, 2000).

La gran cantidad de resultados inaceptables para aerobios en las superficies (mesada y máquina de picar) pueden estar influenciados por factores relacionados con el incorrecto manejo del alimento (higiene y/o temperatura inapropiada) y con la falta de capacitación al personal. Leotta y otros, 2014, al estudiar las condiciones sanitarias de las carnicerías

del partido de Berisso, de 81 muestras de mesadas y 87 muestras de máquina de picar, 73,6% y 79,1% fueron muestras inaceptables respectivamente, confirmando que existe una correlación significativa entre la carne no apta y las condiciones sanitarias deficientes de las carnicerías.

Los valores aceptables observados para *E. coli* son mayores a los observados para recuento de aerobios en las superficies, sin embargo, no deberían estar presentes por estar asociadas a una contaminación con materia fecal y a la posible presencia de patógenos entéricos responsable de diarreas leves como la famosa “diarrea del viajero” o enfermedades graves como el Síndrome Urémico Hemolítico (Schaffner y Smith, 2004). La contaminación con materia fecal en la mayoría de los casos se origina a través de los manipuladores por una inadecuada limpieza de las manos. Delgado y otros, 2015, al estudiar la calidad sanitaria en operarios de mataderos municipales de la provincia de Manabí en Ecuador, encontraron altos conteos de aerobios mesófilos, coliformes totales y fecales

en sus manos, antebrazos y pechos en momentos antes de comenzar el faenado, lo que indicó la falta de preparación del personal para enfrentar esta tarea.

Con respecto a las máquinas de picar, se observa menos muestras aceptables para recuento de aerobios y *E. coli* que en las mesadas. Esto puede deberse a que las máquinas de picar son de superficies irregulares haciéndolas difícil de limpiar, y al no estar a la vista del consumidor la limpieza no se suele realizar con frecuencia. Si consideramos que las superficies que contactan con la carne estaban contaminadas podemos inferir que el riesgo de contaminación cruzada es elevado. En este contexto, cabe mencionar la situación particular de las picadoras, ya que se exige que la carne se pique en el momento de la venta. El inconveniente es que, si las maquinas se encuentran contaminadas y mal sanitizadas, la carne que se pique en el momento puede contaminarse en el proceso.

Determinación de sulfitos

El 27% de las muestras de chorizo analizadas presentan presencia de sulfitos. La presencia de esta sustancia indica incumplimiento del Código Alimentario Argentino.

La adición de sulfito en carnes y productos cárnicos es un fraude ya relatado por otros autores. Silva y otros, 2009 al estudiar la presencia de sulfito como conservante en preparados de carnes encontraron de un total de 35 muestras, un 11,42% positivas a sulfito. Estos resultados corroboran con los obtenidos en este trabajo, sosteniendo la afirmativa de que la adición de sulfitos en carnes es una práctica actualmente común.

En Jujuy, la fabricación de productos cárnicos, como el chorizo, no ha sido estandarizada y se monitorizan, en general, subjetivamente, y sin un control estricto de las características requeridas para estos productos; no obstante, si se realizara un control permanente utilizando esta técnica sencilla, los embutidos tradicionales podrían ser considerados productos seguros.

Actualmente, se está estudiando alternativas viables al uso de sulfitos en productos cárnicos frescos, como por ejemplo el uso de aceites esenciales. Según Ruiz García, 2016, el aceite

esencial de orégano puede ser utilizado como sustituto del sulfito en preparados cárnicos, ya que reduce los recuentos, y puede actuar mejorando algunas características organolépticas como el olor y el color durante el tiempo de almacenamiento.

Diagnóstico higiénico-sanitario de las carnicerías mediante Inspección Visual

Al evaluar el grado de cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura de las 15 carnicerías estudiadas (Figura 1), se encontró que el 60% de ellas (n=9) arrojaron un valor superior a 70%, que corresponde al mínimo de aceptación en las auditorías de las BMP. Del total de las carnicerías sólo el 13% (n=2) cumple el 100% con la normativa

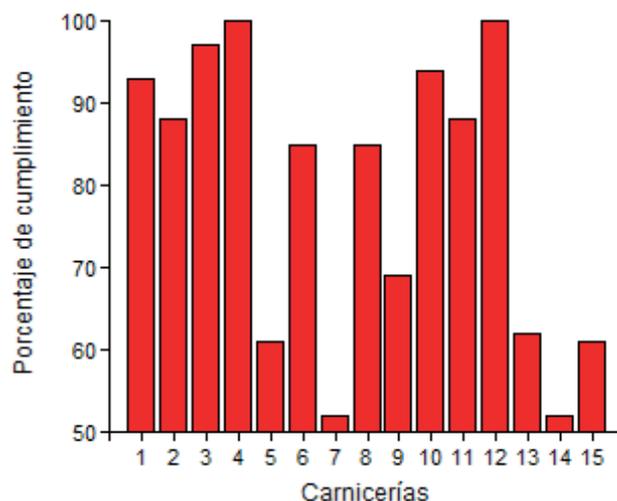


Figura 1: Cumplimiento de las BPM

Como se observa en la Figura 2, se identificaron problemas individuales y colectivos en todas las carnicerías. El 67% de los establecimientos cuentan con instalaciones y equipamiento (sectores de elaboración, venta y almacenamiento) en buenas condiciones de construcción y mantenimiento según normas vigentes en lo que respecta a planta física. Sin embargo, el 27% no dispone de sanitarios, pudiendo afectar la higiene del operario y aumentar el riesgo de contaminación del alimento.

Con respecto a la higiene de los establecimientos, el 67% no mantiene el orden, la limpieza y desinfección del ambiente y los utensilios. Los desperdicios de productos alimenticios, subproductos no comestibles y los residuos de otro tipo que se generaban, se depositaban en condiciones inadecuadas (no

disponían de recipientes tipo cubo accionados a pedal con bolsa de plástico y tapa).

El 33% de los operarios no manipula de forma correcta la carne. Inmediatamente después de su recepción, la carne no se almacena en las cámaras frigoríficas para minimizar la exposición de la misma a temperatura ambiente, y no mantiene el orden dentro de las cámaras frigoríficas y heladeras de exhibición.

En relación a la higiene del operario, el 27 % no poseen la libreta sanitaria actualizada y el 40 % no viste uniforme completo ni limpio (delantal o mandil, gorro o cofia, ni zapatos de uso exclusivo para el trabajo) al momento de manipular el producto. También se observó hábitos indeseables mientras manipulaban la carne como toser, mascar gomas, coquear, fumar, rascarse la cabeza, tocarse la nariz, cabello u ojos. El 80% no recibió cursos de capacitación en el área de BPM. Leotta y otros, 2014, al evaluar la situación sanitaria de 86 carnicerías luego de 12 capacitaciones en BMP a los operarios durante un año, demostraron mejoras en carne picada de 21 (24,4%) carnicerías. Por lo tanto, las capacitaciones son de suma importancia al implementar las BPM.

CONCLUSIÓN

La carne picada fresca analizada cumple con los criterios microbiológicos complementarios establecidos por el CAA, sin embargo, la presencia de E. coli pone en evidencia algunas deficiencias en el proceso del picado de la carne y la posibilidad de que existan patógenos.

Aunque en muchos productos crudos de origen animal, bajos recuentos de E. coli pueden ser esperados dada la asociación cercana de estos alimentos con el ambiente animal y por la probabilidad de la contaminación de las reses con materia fecal animal durante la faena, la mala práctica higiénica al momento de la manipulación que sufre la carne por parte de los operarios (condiciones higiénicas de los equipo y utensilios, la relación tiempo- temperatura de almacenamiento de la carne molida, manipulación no higiénica) puede hacer que la carne incremente en número de microorganismos nativos que existen en la carne antes de pasar por el proceso en la picadora, además que, la carne molida debido a su procedimiento, hace que las bacterias que estaban en la superficie pasen al interior. En este contexto se pudo observar en 5 carnicerías que las condiciones higiénicas deficientes de las superficies y de las instalaciones están asociadas con la contaminación de la carne.

Con respecto a la adición de conservantes en productos cárnicos, sigue existiendo fraude en la comercialización de chorizos por adición de sulfito

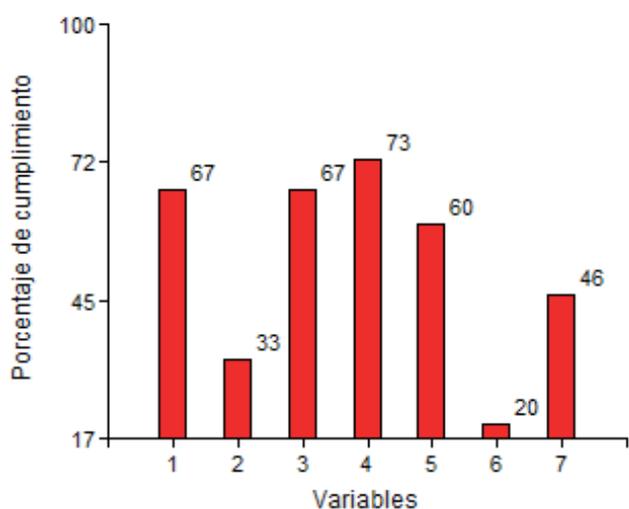


Figura 2: Porcentaje de cumplimiento de las variables estudiadas en la lista de chequeo de las BPM

Variables estudiadas: 1: Instalaciones; 2: Higiene; 3: Materia prima y proceso; 4: Libreta sanitaria; 5: Uniforme; 6: Capacitaciones; 7: Control de plagas

BIBLIOGRAFÍA

AOAC Internacional 961.09. 1995. Sulfitos in meats. Qualitative Test. Food additives: Direct. USA, 47, p 27-28.

Bastias, J.; Cuadra, M.; Muñoz, O.; Quevedo, R. 2013. Correlación entre las buenas prácticas de manufactura y el cumplimiento de los criterios microbiológicos en la fabricación de helados en Chile. *Rev Chil Nutr*, 40, p 161-168.

Berges, M.; Casellas, K.; Liseras, N.; Pace Guerrero, I. 2016. Riesgos percibidos en el consumo de carne vacuna y disposición a pagar por carnicerías más saludables [en línea]. Consultado el 20 de agosto de 2018 en https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_riesgos_percibidos_enel_consumo_carne_vacuna_disposicionapagar_por_carnicerias_mas_saludables.pdf.

Cravero, A.; Ramón, A.; Bocanera, B.; Giménez, M.; Ruiz Alvarez, C. 2007. Aplicación de buenas prácticas de manufactura y determinación de agentes contaminantes en hamburguesas expendidas en salta (argentina). *Rev. Salud Pública y Nutrición*, 8, p 1-7.

Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tolaba, M.; Robledo, C. 2017. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Versión electrónica para la web: <http://www.infostat.com.ar>.

Delgado, H.; Cedeño, C.; Villoch, A.; Rivadeneira, A. 2015. Calidad sanitaria en operarios, utensilios y agua de mataderos municipales de la provincia de Manabí en Ecuador. *Rev. Salud Anim*, 37, p 198-202.

FAO 2007. Manual de buenas prácticas para la industria de la carne. Roma, Italia. Fundación Internacional Carrefour, p 1-44.

FAO 2018. Carnes y productos cárnicos

[en línea]. Consultado el 20 de agosto de 2018 en <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>.

Frazier, W. y Westhoff, D. 2000. Microbiología de los alimentos. Zaragoza, España. Editorial Acribia.

ISO 18593. 2004. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal methods for sampling techniques from surfaces using contact plates and swabs.

Jay, J. 2002. Indicadores de la calidad e inocuidad microbianas de los alimentos. En *Microbiología moderna de los alimentos*. Zaragoza, España, Editorial Acribia. p 363-379.

Koutsomanis, K. y Sofos, J. 2004. Microbial contamination of carcasses and cuts. *Encyclopedia of meat sciences*, 1-4, p 727-736.

Leotta, G.; Linares, L.; Ortega, E.; Adriani, C. 2014. Carnicerías Saludables Dirigido a Autoridades Bromatológicas [en línea]. Consultado el 2 de agosto de 2018 en <http://www.ipcva.com.ar/files/ct14v2.pdf>.

Ministerio de Salud y Desarrollo Social. 2018. Código Alimentario Argentino [en línea]. Argentina. Consultado el 19 de diciembre de 2018 en <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>.

Norma Mexicana NOM -093-SSA1 1994. Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos.

OMS/FAO. 2005. Garantizar la inocuidad de los alimentos. Conferencia Regional FAO/OMS sobre Inocuidad de los Alimentos para las Américas y el Caribe. Roma. FAO. Sitio web: <http://www.foodsafetyforum.org/americas/index.asp?lang=es>

Pascual, M y Calderón, V. 2000. Carnes. En

Microbiología alimentaria: Métodos analíticos para alimentos y bebidas. Madrid, España. Editorial Díaz de Santos. p 219-227.

Ruiz García, C. 2016. Alternativas al uso de sulfitos en productos cárnicos frescos. Tesis de grado. Universidad Miguel Hernández de Elche. España.

Schaffner, D y Smith, S. 2004. Indicator Organisms. Encyclopedia of meat sciences, 1-4, p 773-778.

Silva, C.; Guerra Monteiro, M.; Ribeiro, R.; Guimarães, C.; Mano, S.; Pardi, H.; Marsico, E. 2009. Presença de aditivos conservantes (nitrito e sulfito) em carnes bovinas moídas, comercializadas em mercados varejistas. Rev. bras. Ci. Vet., 16, p 33-36.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONOCIMIENTO SOBRE SU CALIDAD Y LOS RIESGOS PARA LA SALUD EN ESCUELAS PRIMARIAS DE LA CIUDAD DE EL CARMEN, JUJUY

DETERMINATION OF THE BACTERIOLOGICAL QUALITY OF DRINKING WATER AND DEGREE OF KNOWLEDGE EVALUATION ABOUT ITS QUALITY AND HEALTH RISKS IN PRIMARY SCHOOLS IN EL CARMEN CITY, JUJUY

Ortega, Amalia M. A.¹, Colqui, Verónica M.¹

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la aptitud del agua de consumo y el grado de conocimiento de los alumnos sobre la calidad del agua y la relación que tiene con su salud, en 8 escuelas de El Carmen, Jujuy. En Julio y Agosto de 2016 se colectaron 23 muestras de agua de tanques de almacenamiento y de grifos para realizar recuentos de bacterias aerobias mesófilas (BAM), coliformes, y detección de *Escherichia coli*, según la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas en Alimentos. Se determinó la concentración de cloro residual (Cl⁻). Se realizó una encuesta a 145 alumnos de 4º y 5º grado. El 83% de las muestras analizadas resultaron aptas para el consumo. Para BAM y Cl⁻, el 17% de las muestras no cumplen con las disposiciones del Código Alimentario Argentino, en una de estas muestras también se detectó *Escherichia coli*, por lo que su consumo es potencialmente peligroso para la salud. La encuesta mostró, que el 92% conceptualiza la calidad del agua, el 88% sabe que el consumo de agua contaminada puede enfermar y el 67% asocia esa enfermedad con la diarrea. Se concluye que todas las muestras analizadas en 5 escuelas son aptas para el consumo y los alumnos demostraron tener conocimiento.

Palabras claves: Agua contaminada. Calidad del agua. Diarreas en escuelas. Microorganismos indicadores

SUMMARY

The objective was to evaluate the sanitary quality of drinking water in 8 schools in El Carmen, Jujuy and the students' degree of knowledge about water quality and its relationship with their health. In July and August 2016, 23 water samples were collected from reserve tanks and water taps to count aerobic mesophilic bacteria (BAM), coliforms, and for *Escherichia coli* detection, according to the International Commission on Microbiological Specifications for Food. The concentration of residual chlorine (Cl⁻) was determined. A survey was conducted to 145 4th and 5th grade students. 83% of the samples analyzed were suitable for consumption. Regarding BAM and Cl⁻, 17% of the samples do not comply with the provisions of the Argentine Food Code, in one of these samples *Escherichia coli* was also detected, therefore, its consumption is potentially harmful for health. The survey showed that 92% conceptualize water quality, 88% know that the consumption of contaminated water can affect your health and 67% associate that disease with diarrhea. It is concluded that all the samples analyzed in 5 schools are suitable for human intake and the students demonstrated their knowledge.

Keywords: Contaminated water. Diarrhea in schools. Jujuy. Microorganisms indicators. Water quality

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento vital para la subsistencia de todos los seres vivos, por esta razón dentro de los derechos que tiene una población, el derecho al suministro de agua potable en cantidades suficientes y accesible es fundamental para garantizar la salud y una aceptable calidad de vida (OMS, 2006). El Código Alimentario Argentino establece que el agua apta para el consumo humano o lo que se conoce como “agua potable”, es aquella que según sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, no representa un riesgo para la salud del consumidor.

El agua no solo es necesaria para la supervivencia humana, también es un vehículo importante de microorganismos y parásitos causantes de enfermedad y muerte, dentro de los que se destacan bacterias como el *Vibrio cholerae*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli* y *Yersinia enterocolitica*, virus como el de la hepatitis A y E, rotavirus, enterovirus, parásitos importantes como *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* y *Cryptosporidium parvum* (ICMSF, 1986; FAO, 2003; OMS, 2006; OMS 2015; Madigan y otros, 2015).

En el mundo han sido publicado diversos estudios sobre la calidad microbiológica del agua de consumo, por ejemplo, en Korea; Park y otros, 2017 reportaron que 188 estudiantes de un campamento escolar se enfermaron por el consumo de agua subterránea contaminada con *Escherichia coli* patógena. La misma bacteria fue encontrada por Arriaza y otros, 2015, en un estudio realizado en 21 muestras de agua provenientes de una Universidad de Honduras y por Marzano y Balzaretto en el 2013, en 26 escuelas italianas. En Brasil, Sato y otros, 2013, reportaron que, de 206 muestras de agua analizadas, en 102 se detectó el protozoo *Giardia*. En el 2011, Ríos y Pereira, reportaron que, de 200 alumnos ecuatorianos, 193 presentaban parasitismo intestinal, relacionado con el consumo de agua en las escuelas estudiadas.

En nuestro país, el sistema de vigilancia, presenta falencias que impiden identificar los brotes transmitidos por el agua. Además, si éstos existen, pasan inadvertidos y en muchos casos no son detectados por lo que tampoco son reportados. Aunque la presencia del parásito *Cryptosporidium* en aguas subterráneas de abastecimiento poblacional y en aguas de superficie, fue constatada en la

provincia de Santa Fe, Argentina por Abramovich y otros, 1996, 2001. En la provincia de Buenos Aires, Basualdo y otros, 2000, demostró la presencia de este parásito en la red de distribución de agua potable de la Ciudad de La Plata.

En Jujuy, entre 1992 y 1999 se registraron 4.834 casos y 83 muertes por cólera, siendo el agua uno de los principales vehículos de transmisión. En la Ciudad de El Carmen entre los años 2015 y 2017, se registraron 1.961 casos de diarreas y gastroenteritis de origen infeccioso en niños de 2 a 14 años.

Según estadísticas epidemiológicas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se producen 4 millones de casos anuales de diarrea, de las cuales se estima que el 88% son causadas por el suministro de agua contaminada por microorganismos y a la deficiencia de saneamiento y de higiene, esto provoca la muerte de 1,8 millones de personas por año en todo el mundo, principalmente niños menores de 5 años (Adams y otros, 2010; Pruss 2006).

La OMS asegura que en las escuelas, los alumnos que contraen frecuentemente diarrea no solo incrementan sus posibilidades de desnutrición, sino que también reducen su capacidad de aprendizaje y normal desarrollo.

Los alumnos de algunas escuelas rurales, son los que con mayor frecuencia se encuentran en riesgo de contraer enfermedades, ya que el suministro de agua de consumo no es permanente y tienen agua a través de camiones cisternas, lo que obliga al almacenamiento en tanques o cilindros, siendo mayor la probabilidad de contaminación (Morgan y otros, 2017; Adams y otros, 2010; Fewtrll y otros, 2005; Solsona y Fuertes, 2003).

Otro aspecto a tener en cuenta, es que todas las escuelas en la ciudad de El Carmen ofrecen servicios de alimentos, o sea que el agua no solo es consumida de forma directa cuando el alumno tiene sed, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema inmune de los alumnos que reciben los servicios de alimentos y las consecuencias de los efectos adversos, está claro que las escuelas son clave para promover la salud y una dieta saludable (Adams y otros, 2010; Solsona y Fuertes, 2003).

En la Ciudad de El Carmen no se registran antecedentes sobre análisis microbiológicos de agua

de consumo, por esta razón se cree que las escuelas primarias han estado al margen de la verificación regular de la calidad del agua que utilizan para consumo.

En este contexto, se evaluó la calidad microbiológica y de cloro activo residual del agua de consumo en 8 escuelas primarias públicas urbanas y rurales de la Ciudad de El Carmen, teniendo como marco legal lo establecido en el Código Alimentario Argentino con el objetivo de determinar si el agua que llega a las escuelas es apta para el consumo. Así también se evaluó el grado de conocimiento de los alumnos sobre la calidad del agua y los posibles riesgos para su salud.

MATERIALES Y MÉTODOS

En los meses de Julio y Agosto del año 2016 se recolectaron muestras de agua de consumo en 8 escuelas primarias públicas de la Ciudad de El Carmen de la Provincia de Jujuy, Argentina, 4 de ellas ubicadas en zonas rurales.

Los puntos de muestreos se seleccionaron atendiendo a los siguientes criterios:

- De tanques de reserva: el agua que utilizan para beber y para elaborar los alimentos e infusiones es agua de red almacenada. No tienen sistema de distribución directo al grifo. Para tomar la muestra se introdujo el recipiente estéril con la ayuda de una pinza estéril (APHA, 1992). Los tanques se encontraban totalmente cerrados y expuestos a la intemperie, en aparentes condiciones de higiene.

- De los grifos de agua: en los casos que no era seguro el acceso a los tanques de reserva, se tomaron muestras de agua de los grifos a los cuales abastecían los tanques. Los casos en los que el tanque abasteciera varios sectores en la escuela, se seleccionaron los grifos de las cocinas, porque son de uso habitual ya que todas las escuelas evaluadas tienen comedores y los grifos de los baños y de las piletas de los patios, porque son los puntos a los que los alumnos acuden cuando tienen sed (consumo directo), generalmente beben agua directamente del grifo, sin vasos. En el momento de la toma de muestra las cocinas, baños y piletas se encontraban en condiciones higiénicas. Para la toma de muestra se dejó correr el agua por 3 minutos, luego se cerró la llave y se quemó el grifo siempre que fuera posible,

luego se dejó correr el agua por 2 minutos y se tomó la muestra (APHA, 2005).

Las muestras de agua se colectaron de forma aséptica por triplicado, en frascos estériles de plástico con capacidad de 100 mL, se transportaron a 4°C al laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias donde de inmediato se procedió a su análisis.

No se colectaron las muestras los días lunes, debido a que el estacionamiento del agua por el receso del fin de semana, podrían arrojar resultados erróneos.

Para los análisis microbiológicos se utilizaron como parámetros de referencia el recuento de bacterias indicadoras de la calidad higiénico sanitaria como aerobias mesófilas, por el método de recuento en placa, coliformes totales, coliformes fecales por el método del Número Más Probable (NMP) y detección de *Escherichia coli* (E. coli) en medio eosina azul de metileno, según metodología convencional descrita por la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para los Alimentos (ICMSF, 1998). Los resultados fueron expresados como niveles "cumple" o "no cumple", teniendo como normativa lo especificados en el C.A.A, en su Art. 982 que establece para los parámetros estudiados un límite máximo de 500 UFC/mL, Igual o menor de 3/100 mL y ausencia en 100 mL de agua, respectivamente.

La cloración es el método más ampliamente utilizado para desinfectar el agua, por lo que se tomó como parámetro químico la concentración de cloro activo residual, se utilizó el método de la Ortotoluidina con patrones permanentes, límite establecido por el C.A.A.: Mínimo 0,20 mg/L.

Se implementó una breve encuesta estructurada adaptada para alumnos de 4° y 5° grado, con el fin de evaluar su conocimiento sobre la calidad del agua para consumo y la relación que tiene el agua con su salud. El cuestionario fue administrado por la/el maestra/o de cada grado.

Los resultados de los análisis fueron reportados por escrito a las autoridades de cada escuela estudiada.

Análisis Estadístico

Los resultados de los ensayos se analizaron a través de estadística descriptiva, utilizando el Software InfoStat versión 2017 (Di Rienzo y otros, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se observan los resultados obtenidos:

Muestras de agua	Criterios	Porcentaje de conformidad					Total ^a
		BAM	CT	CF	EC	Cl ⁻	
Escuelas urbanas (BV, BM, Co y T) ^b n: 10	Cumple	80.0	100.0	100.0	100.0	80.0	80.0
	No cumple	20.0	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0
Escuelas rurales (BV, BM, Co, PP y T) ^b n: 13	Cumple	92.3	92.3	92.3	92.3	84.6	84.6
	No cumple	7.7	7.7	7.7	7.7	15.4	15.4

Tabla 1: Muestras de agua de consumo que cumplen con los parámetros microbiológicos y de cloro activo residual^a

BAM: bacterias aerobias mesófilas, CT: coliformes totales, CF: coliformes fecales y EC: *Escherichia coli*

^a El porcentaje total de muestras satisfactorias fue calculado considerando las muestras que no cumplieron con por lo menos un parámetro analizado.

^b Puntos de muestreos, BV: baño de varones BM: baño de mujeres Co: cocina, PP: pileta del patio de recreo y T: tanque

^c BAM: Límite máximo de 500 UFC/mL, CT Y CF: Igual o menor de 3/100 mL y EC: ausencia en 100 mL de agua.

Se analizaron 23 muestras de agua de consumo humano pertenecientes a 8 escuelas primarias de la Ciudad de El Carmen. Para los parámetros estudiados, 8 muestras de agua analizadas pertenecientes a 3 escuelas urbanas y 11 muestras pertenecientes a 2 escuelas rurales, cumplen con los valores establecidos para agua potable según el C.A.A., por lo que se consideran aptas para el consumo humano. Sin embargo, hay que seguir con la vigilancia de forma rutinaria para garantizar estos resultados a lo largo del tiempo. Muchas experiencias han demostrado que el suministro de agua segura desde el punto de vista microbiológico puede reducir en forma significativa, directa o indirectamente, la mortalidad y la morbilidad por enfermedades diarreicas, mejorando la calidad de vida de los alumnos y demás personas que trabajan en las escuelas, sobre todo si va acompañado de educación sanitaria (Morgan y otros, 2017; Adams y otros, 2010; OMS, 2006; Fewtrll y otros, 2005; Solsona y Fuertes, 2003).

Dos muestras pertenecientes a una escuela urbana y una de las muestras colectada de una escuela rural, no cumplieron con lo establecido para cloro activo residual y recuentos de BAM, en el caso de la escuela rural, una de las muestras analizadas sí cumplió con la normativa, por lo tanto, estos resultados podrían alertar sobre posibles deficiencias en el tratamiento del agua una vez que entra a la escuela, como una incorrecta conservación, o falta de limpieza y desinfección del tanque, grifo y/o cañerías de distribución, y/o una manipulación no higiénica del agua. Los altos niveles de crecimiento de BAM pueden afectar el sabor y el olor del agua potable y pueden indicar la presencia de nutrientes y biofilms (OMS, 2006; Sartory, 2004). Dado que el contenido bacteriológico del agua potable que sale de las plantas de tratamiento debe contener niveles muy bajos de microorganismos heterótrofos y aeróbicos formadores de esporas (Figueras y Borrego, 2010), siempre se recomienda el parámetro BAM, aunque todavía hay mucha discusión sobre su importancia para la salud humana (OMS 2006). Otro factor a

tener en cuenta es que los tanques se encuentran expuestos a las inclemencias del medio ambiente (rayos del sol y altas temperaturas), aspectos que influyen de forma negativa sobre la vida útil del cloro, lo cual facilita el crecimiento y multiplicación de los microorganismos. Resultados similares se encontraron en estudios realizados por Morgan y otros, 2017; Fuentes y otros, 2007; Mejía y Turrialba, 2005, los que concluyeron sobre la importancia de que la cloración del agua tiene que ser lo suficiente para mantener un nivel de cloro residual en toda la red de distribución y así garantizar la potabilidad en todos los puntos como lo recomienda la OMS en la publicación "Evaluación de métodos para el tratamiento doméstico del agua, 2012".

En la muestra de agua tomada del grifo de la cocina de una escuela rural que tienen agua a través de camiones cisternas, se detectó *E. coli*, la presencia de esta bacteria, indica que el agua está contaminada con heces fecales y por tanto constituyen un mayor riesgo de producir un foco de infección transmitida por agua como, por ejemplo, una salmonelosis, shigelosis, cólera, Hepatitis A, entre otros. Resultados semejantes se encontraron en diferentes estudios realizados en escuelas (Park y otros, 2017; Arriaza y otros, 2015; Cázares y Alcantara, 2014; Marzano y Balzaretto, 2013; Mellou y otros, 2012; Ríos y Pereira, 2011; Felfoeldi y otros, 2010). Luego de la determinación de la presencia de *E. coli* en el agua es importante la investigación de las posibles fuentes de contaminación, en este contexto sería de relevancia que se inicien gestiones, para que la evaluación de la calidad del agua en las escuelas también pueda ser realizados por el personal de la misma y por los alumnos en acciones mancomunadas y de rutina. Lo importante de este concepto, según la OMS, es que la evaluación de los tanques y el control de la calidad del agua, a través de simples inspecciones sanitarias y del resultado de un par de análisis que pueden ser solicitados a la autoridad competente, no es el patrimonio exclusivo de una institución de salud, del gobierno o de las empresas de agua, sino que cualquier ciudadano (sea un alumno o un maestro) puede realizarlas con solo tener conocimientos. Algunas autoridades escolares ignoran esta situación y por desconocimiento o desidia, simples desperfectos o anomalías que podrían solucionarse fácilmente son causa continua de agresión a la salud de los alumnos.

De los 145 alumnos encuestados, el 88 % sabe

que el consumo de agua contaminada puede enfermarlos y el 67% asocia a esas enfermedades con las diarreas. El 99 % demostró tener conocimientos sobre los métodos caseros de potabilización del agua y el 92 % reconoce que, aunque el agua se vea limpia puede tener microorganismos que hacen daño a la salud, asociando a los microorganismos con bacterias, parásitos y virus. En un estudio relacionado, Ochoo y otros, 2017 reportaron que la calidad del agua percibida en 100 hogares de Canadá no tiene correlación con la calidad real. Los informes de laboratorio mostraron que el color, metales, sólidos totales, turbidez, sub productos de desinfección no cumplían con la normativa, sin embargo, la mayoría de los encuestados (>56%) decían estar completamente satisfechos o muy satisfechos.

El 53 % demostró tener conocimientos adecuados sobre la procedencia o el sistema de cañerías que recorre el agua hasta llegar al grifo, el 73 % relaciona las instalaciones por donde circula el agua como parte determinante en la inocuidad del agua y solo el 48 % conoce sobre las condiciones higiénico sanitarias que deberían presentar éstas. A pesar de lo reducido de la encuesta, el resultado permitió tener una clara visión de cómo el alumnado conceptualiza la calidad e higiene del agua y la relaciona con su salud.

Sin embargo, es preciso recordar que la sola presencia de los servicios de agua y saneamiento, sin adecuadas prácticas de higiene, no aseguran las condiciones óptimas para conservar la salud. Las conductas sanitarias son el complemento imprescindible para la prevención de esas enfermedades. Es por esto que a partir de los resultados e independientemente del grado de conocimiento que los alumnos tuvieron, resulta imprescindible que se ejecuten acciones educativas encaminadas a mejorar las conductas de los alumnos en relación con la higiene y el consumo de agua segura, conclusiones similares fueron reportadas por Ferrarini y otros, 1989 en un trabajo realizado en Buenos Aires con alumnos de 6º y 7º grado. La OMS sostiene que la información, la concientización, la actitud y los hábitos podrían desarrollarse y profundizarse en la comunidad estudiantil, en asignaturas como biología y ciencias sociales, que luego replicarán en sus escuelas y sus comunidades, convirtiéndose de esa manera en promotores de salud y vida.

CONCLUSIÓN

Nuestros resultados muestran que la calidad sanitaria del agua de consumo que se suministra en 5 escuelas primarias de la Ciudad de El Carmen son aptas para el consumo. Sin embargo, la presencia de *E. coli* en el agua que suministra una de las escuelas rurales, puede implicar un serio riesgo para la salud, dado que los niños tienen una inmunidad relativamente menor que los adultos, se necesitan medidas de seguridad adicionales para protegerlos de los patógenos transmitidos por el agua de consumo.

Los resultados obtenidos del análisis de agua son de gran interés debido a que las aguas examinadas en este estudio ya fueron tratadas y desinfectadas, y por esta razón no deberían haberse contaminado a estos niveles en las escuelas.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams J, Bartram J, Chartier y Sims J. 2010. Normas sobre agua, saneamiento e higiene para escuelas en contextos de escasos recursos. Ginebra, Suiza. Organización Mundial de la Salud. p 5-7. Versión electrónica para la Web: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44349/9789243547794_spa.pdf?sequence=1
- Abramovich BL, Calafell MC, Haye MA, Nepote A y Arganara MF. 1996. Detection of *Cryptosporidium* in subterranean drinking water. *Revista Argentina de Microbiología*. 28(2):73-77.
- Abramovich BL, Gilli MI, Haye MA, Carrera E, Calafell MC, Nepote A, Gomez PA, Vaira S y Contini L. 2001. *Cryptosporidium* and *Giardia* in surface water. *Revista Argentina de Microbiología*. 33(3):167-176.
- American Public Health Association. 1992. Standard methods for the examination of water and. 18 th Edition. Washington D.C., APHA, AWWA, WPCF. P 9-54, 9- 58.
- American Public Health Association. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th Edition. Washington, APHA, AWWA, WEF. Disponible en página web: <http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/en/spanish.pdf>.
- Arriaza, AE, Waight, SE, Contreras, CE, Ruano, AB, López A. y Ortiz, D. 2015. Bacteriological determination of the quality of drinking water obtained from lters located in the central campus of the University of San Carlos of Guatemala. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*. Guatemala. 25(2):24-27
- Basualdo J, Pezzani B, De Luca M, Córdoba A, Apezteguía M. 2000. Screening of the municipal water system of La Plata, Argentina, for human intestinal parasites. *Int J Hyg Environ Health* 203:177-282
- Cázares M; Alcantara. 2014. Analisis microbiológico de la calidad del agua de ciudad Nezahualcóytl, acorde a la norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-84-7666-210-6 – Artículo 619. p 17-23
- Código Alimentario Argentino, Capitulo XII, Disponible en página web: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tolaba M y Robledo CW. 2017. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Versión electrónica para la Web: <http://www.infostat.com.ar>
- FAO/OMS. 2003. Caracterización de peligros de patógenos en los alimentos y el agua: directrices. Tercera edición. Ginebra (Suiza). FAO y OMS. p 34-36. Versión electrónica para la Web: <http://www.fao.org/3/a-y4666s.pdf>
- Felföldi T, Heeger Z, Vargha M y Marialigeti K. 2010. Detection of potentially pathogenic bacteria in the drinking water distribution system of a hospital in Hungary. *Clinical Microbiology y Infection*. 16(1): 89-92
- Ferrarini S, Rancich A y Palma N. 1989. Agua de consumo y basuras: costumbres y creencias en escolares de una población marginal. *Revista de Salud Pública*. 31:292-298
- Fewtrll L, kaufmann RB, Kay D, Enanoria W, Haller L, Colford JM Jr. 2005. Water, Sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhea in less developed countries: a systematic review and meta-

analysis. *Lancet Infect Dis.* 5:42-52.

Figueras MJ y Borrego JJ. 2010. New perspectives in monitoring drinking water microbial quality. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 7: 4179-4202.

Fuentes AF, Campas Baypoli ON, Aguilar MG y Meza Montenegro MM. 2007. Calidad microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del sur de sonora (México). *Revista Salud Publica y Nutricion.* 8 (3):4-8.

ICMSF, 1986. Los microorganismos presentes en los alimentos. 2. Toma de muestras para el análisis microbiológico: Principios y Aplicaciones Específicas. Segunda Edición. University of Toronto Press, Toronto, Ontario, Canadá.

ICMSF.1998. Microorganismos de los alimentos. Técnicas de análisis microbiológico. Segunda Edición. Zaragoza (España). Editorial Acribia.

Madigan, M.T., Martinko, J.M., Bender, K.S., Buckley, D.H., Sthal, D.A. 2015. Conservación de los alimentos y enfermedades microbianas transmitidas por alimentos. En: Brock: Biología de los Microorganismos. 14ª Edición. Prentice Hall, Madrid, España. 29: 942-957.

Marzano MA, Balzaretto CM. 2013. Protecting child health by preventing school-related foodborne illnesses: Microbiological risk assessment of hygiene practices, drinking water and ready-to-eat foods in Italian kindergartens and schools. *Food Control.* 34:560-567.

Mejía MR y Turrialba C. 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Tesis de la Escuela de Postgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Turrialba, Costa Rica.

Mellou K, Katsioulis A, Potamiti-Komi M, Pournaras S, Kyritsi M y Katsiaflaka A. 2012. A large waterborne gastroenteritis outbreak in central Greece: challenges for the investigation and management. *Epidemiol Infect.* 142:40–50.

Ministerio de Salud de la Nación, Dirección Nacional Epidemiología y Análisis de Situación de Salud. N° 129 SE 29, Buenos Aires Argentina. P 9-20 https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/biv_416_se31.pdf

24. Morgan C, Bowling M, Bartram J, Kayser GL. 2017. Water, Sanitation, and hygiene in schools: Status and implications of low coverage in Ethiopia, Kenya, Mozambique, Rwanda, Uganada and ZZambia. *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 950-959.

Ochoo B, Valcour J, Sarkar A. 2017. Association between perceptions of public drinking water quality and actual drinking water quality: A community-based exploratory study in Newfoundland (Canada). *Environmental Research.* 159:435–443.

OMS, 2006. Guías para la calidad del agua potable. Vol 1: Recomendaciones. Tercera edición. Ginebra, Suiza. Organización Mundial de la Salud. Capitulo 1y 7. P 1- 16 y 105-126 Versión electrónica para la Web: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/

OMS/UNICEF. 2015. Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2015 y evaluación de los ODM. Ginebra, Suiza. UNICEF y la Organización Mundial de la Salud. P 4-16. Versión electrónica para la Web: www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/coverage/jmp-update-2017.../es/

OMS, 2012. Evaluación de métodos para el tratamiento doméstico del agua: metas sanitarias y especificaciones de eficiencia microbiológica. Ginebra, Suiza. Organización Mundial de la Salud. P 4-10. Versión electrónica para la Web: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/79186/9789243548227_spa.pdf?sequence=1

Park J, Kim JS, Kim S, Shin E, Kyung-Hwan O, Kim Y, Kim ChH, Min Ah H, Chan MJ, Kyoungin N, Jin L, Enhi Ch, Byung-Hak K, Hyo-Sun K, Won KS, Junyoung K. 2017. A water borne outbreak of multiple diarrhoeagenic *Escherichia coli* infections associated with drinking water at a school camp. *International Journal of Infectious Diseases.* 66:45–50.

Pruss A y Corvalan C. 2006. Ambientes

saludables y prevención de enfermedades. Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente. Ginebra, Organización Mundial de la Salud.

Ríos JB, Pereira VF. 2011. Control de la calidad microbiológica del agua y determinación de la prevalencia parasitológica intestinal en los alumnos de la escuela fiscal mixta “segundo espinoza calle” minas- baños. Tesis. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Ecuador. P 110-170.

Sartory DP. 2004. Heterotrophic plate count monitoring of treated drinking water in the UK: a useful operational tool. *International Journal of Food Microbiology*.92:297-306.

Sato MI, Galvani AT, Padula JA, Nardocci AC, Souza LM, Razzolini PM, Hachich EM. 2013. Assessing the infection risk of *Giardia* and *Cryptosporidium* in public drinking water delivered by surface water systems in Sao Paulo State, Brazil. *Science of the Total Environment*. 442:389–396.

Solsona F y Fuertes C. 2003. Guía para la promoción de la calidad del agua en escuelas de los países en desarrollo. Lima, Perú. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental Organización Panamericana de la Salud Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. P 7-21.

METABOLITOS INHIBIDORES DE BACTERIAS PRODUCIDOS POR HONGOS LIGNOCELULÓSICOS CULTIVADOS EN RESIDUOS DE NARANJA

METABOLITES THAT INHIBIT BACTERIA PRODUCED BY LIGNOCELLULOSIC FUNGI GROWN IN ORANGE WASTE

Cruz, Elias¹; Tejerina, Marcos¹; Benitez Ahrendts, Marcelo R.¹

RESUMEN

Se evaluó la degradación del residuo de naranja por tres hongos de la podredumbre blanca de la madera (*Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes* y *Pycnoporus sanguineus*) y solamente creció *P. sanguineus* colonizando todo el sustrato en 20 días. La velocidad media de crecimiento micelial en placas de agar-naranja fue de 6,1 mm/día. Los extractos del micelio de *P. sanguineus* con 16 y 32 mg de sólidos/mL mostraron actividad frente a *Escherichia coli B* y *E. coli C.*, *Salmonella typhi* y *Staphylococcus aureus*. Sin embargo, *E. coli A* no fue inhibido por 16 mg/mL. No se observó inhibición de tales bacterias a una concentración de 8 mg/mL.

Palabras claves: Antibiosis. Degradadores de lignina. Residuo de naranjas.

SUMMARY

Orange waste degradation by three white-rot wood fungi (*Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes* y *Pycnoporus sanguineus*) was assessed and only *P. sanguineus* grew colonizing the whole substrate in 20 days. Mycelial average growth on orange agar was 6.1 mm/day. Mycelial extracts of *P. sanguineus* with 16 and 32 mg/mL solids showed activity against *Escherichia coli B* and *E. coli C.*, *Salmonella typhi* and *Staphylococcus aureus*. However, *E. coli A* was not inhibited with 16 mg/mL. Bacterial inhibition of said bacteria was not observed at 8 mg/mL concentration.

Keywords: Antibiosis. Orange wastes. White-rot fungi.

INTRODUCCIÓN

Los hongos que generan enzimas extracelulares causando podredumbre blanca de la madera, principalmente por la degradación de celulosa y lignina, pertenecen casi exclusivamente a la división *Basidiomycota*. Deben su acción a las enzimas β -amilasa, celulasa, xilasa, Mn-peroxidasa, lignin-peroxidasa, lacasa y otras (Webster y Weber, 2008). Se ha ensayado el crecimiento de estos hongos en más de 30 residuos agroindustriales tan diversos como aserrín de pino, cedro, roble, paja de cereales, los subproductos de la cosecha del café, de la caña de azúcar, del maíz, porto, en hojarasca, cascara, entre otros (Mora y Martínez-Carrera, 2007; Quiroz-Castañeda y otros, 2010; Sánchez y Mata, 2012).

La producción mundial de naranjas es aproximadamente de 47 mil millones de toneladas (período 2016/2017). La Argentina contribuye con el 2,19% de dicha producción, destinando a su cultivo un total de 45.984 hectáreas, en donde la provincia de Jujuy participa con 4.545 hectáreas, siendo el octavo productor mundial de frutos cítricos, con un total de 2,3 millones de toneladas destinadas a la producción de jugo concentrado (Federcitrus, 2017), generando gran cantidad de residuos. El alto contenido de carbohidratos y bajo de lignina hacen de estos residuos un sustrato potencialmente apto para el crecimiento fúngico (Piñero-Bonilla y Díaz, 2010).

Pleurotus ostreatus y *Lentinus edodes*, además de producir enzimas hidrolíticas y oxidativas con importantes aplicaciones en el campo industrial y en la bioremediación, sintetizan compuestos tales como poliacetilenos, sesquiterpenoides, ácidos linoleico y oleico, y aminoglúcidos, presentando actividad antimicrobiana contra bacterias Gram positivas y negativas (Gbolagade y otros, 2007; Iwalokum y otros, 2007).

Las especies silvestres de *Pycnoporus sanguineus* producen enzimas con interés biotecnológico, como también metabolitos secundarios que pueden ser usados como antimicrobianos. Entre los pigmentos que le dan el color rojizo anaranjado al *Pycnoporus* se encuentran: cinabarina, tramesanguina, ácido cinnabarínico, poliporin y varios derivados de 2-amino-fenoxazin-3-ona con actividad antimicrobiana (Achenbach y Blumnotros, 1991; Acosta-Urdapilleta y otros, 2010; Smania y otros, 1998).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la degradación de residuos de naranja por hongos lignocelulósicos y obtener extractos crudos con probable acción antimicrobiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Hongos lignocelulósicos

Se recolectaron, en la zona de valle templado de Jujuy, los ejemplares identificados como *Pycnoporus sanguineus* de acuerdo a Téllez-Téllez y otros (2016) y Wright y Albertó (2002). Se cultivó parte del interior de los basidiocarpos en agar malta (extracto de malta 30 g, peptona de soja 3 g, agar 15 g, agua 1 L; pH 5,4). Además, se emplearon cultivos comerciales de *Pleurotus ostreatus* y *Lentinus edodes*.

Sustrato

Las cáscaras de naranjas se procesaron de acuerdo a Acosta-Urdapilleta y otros (2010) y se esterilizaron a 121° C por 20 minutos.

Siembra

Se inocularon explantes de 2,5 cm² provenientes de cultivos mantenidos 9 días a 25°C. La siembra de cada hongo se realizó por quintuplicado bajo condiciones de esterilidad y se incubaron en la oscuridad por un periodo de 20 días. Las especies fúngicas que crecieron sobre el residuo de naranjas se sembraron en agar naranja (residuo de naranja triturado 100 g, agar 16 g, agua 1 L).

Extracto del micelio fúngico

Se separó y deshidrató el micelio a 105 °C durante 20 horas. Se trituró en un mortero con acetato de etilo. Luego se filtró por papel y se evaporó el solvente a temperatura ambiente. El proceso se repitió varias veces y se pesó el total del material extraído. Éste se disolvió nuevamente en acetato de etilo para obtener concentraciones de 8, 16, 24 y 32 mg/ml.

Bacterias

Para la determinación de la actividad antimicrobiana se utilizaron *Escherichia coli* (cepas designadas A, B y C que presentan diferente resistencia a los antibióticos), *Salmonella typhi* y

Staphylococcus aureus. Se cultivaron en caldo nutritivo durante 24 horas a 35°C y se hicieron diluciones para obtener $1,4 \times 10^7$ ufc/ml.

Prueba de inhibición

Se colocó 50 µl de cada suspensión bacteriana en una placa, luego se agregó 20 ml del medio Müller-Hinton (extracto de carne 2 g; hidrolizado de caseína 17,5 g; almidón 1,5 g; agar 15 g; agua 1 L; pH 7,3) a 44-45°C y se mezcló cuidadosamente. Luego se hicieron pocillos de 4 mm de diámetro donde se vertieron 25 µl de las diferentes concentraciones de los extractos (8 mg/ml, 16 mg/ml, 24 mg/ml, 32 mg/ml), un control negativo (solvente puro acetato de etilo) y como control positivo se utilizaron discos con estreptomicina (300 µg) y gentamicina (10 µg). Se consideró como primer criterio de clasificación las diferentes concentraciones (mg de extracto/ml de solvente), dando un total de 4 niveles (8 mg/ml, 16 mg/ml, 24 mg/ml, 32 mg/ml) y como segundo criterio de clasificación cada una de las bacterias *E. coli* (cepas A, B, C), *S. aureus*, *S. typhi*. Estos ensayos fueron realizados por quintuplicado. Las placas se incubaron a 35 °C por 24 horas y posteriormente se midió el diámetro de los halos de inhibición (Rojas y otros, 2004).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis bifactorial completamente aleatorizado de 4 x 5, con 5 repeticiones, en donde se tomó como variable respuesta el diámetro del halo de inhibición. El análisis de comparación de medias utilizado es el test de Tukey.

RESULTADO Y DISCUSION

Hongos lignocelulósicos

Pycnoporus sanguineus, *P. ostreatus* y *L. edodes* colonizaron completamente las placas de agar malta en 12, 13 y 15 días, respectivamente, datos que concuerdan con los de otros investigadores (Gaitán-Hernández y otros, 2006; Sánchez y Mata, 2012). La velocidad media de crecimiento de *P. sanguineus* en placas de agar-naranja fue de 6,1 mm/día.

Evaluación del crecimiento sobre residuo agro-industrial de naranjas

Se observó que de los tres hongos (*L. edodes*, *P.*

ostreatus y *P. sanguineus*) sembrados en el residuo agro-industrial, solamente *P. sanguineus* creció y colonizó el sustrato completamente en un periodo de 20 días. El sustrato se mantuvo a una temperatura de 25°C, humedad relativa de 80% y un tamaño de partícula igual 1 mm o inferior. Estos resultados difieren a los obtenidos por Inacio y otros (2015), en donde evaluaron el crecimiento de *P. pulmonarius* sobre residuos de naranjas. Diversos residuos agro-industriales son sustratos adecuados para el crecimiento del micelio de *L. edodes* y *P. ostreatus*, pues cuentan con las enzimas necesarias para su degradación (Sanchez y Mata, 2012). Probablemente lo que afectó el crecimiento de *L. edodes* y *P. ostreatus* fue la poca porosidad y la compactación del sustrato debido a que el tamaño de las partículas era de 1 mm o inferiores, limitando la cantidad de oxígeno que es necesaria para el crecimiento y desarrollo del hongo. Royse y Sánchez-Vázquez (2003) demostraron que los sustratos formulados con un tamaño de partículas inferior a 1 mm producían un crecimiento nulo o casi nulo de *L. edodes*.

P. sanguineus tuvo un crecimiento vigoroso en 20 días de incubación, observándose un crecimiento micelial al principio de color blanco y posteriormente variando a un color anaranjado. Acosta-Urdapilleta y otros (2012) observaron un periodo de colonización completa de granos de trigo entre 15 y 20 días. El sustrato a base de cáscara de naranja, al igual que el grano de trigo, contiene bajo contenido de lignina y una mayor proporción de carbohidratos (celulosa para el residuo de naranja y almidón para el grano de trigo), facilitando de esta manera la bioconversión microbiana, ya que la lignina es más resistente a la degradación enzimática (Piñero-Bonilla y otros, 2010). Los estudios realizados sobre el crecimiento de *P. sanguineus* y otros hongos de pudrición blanca en distintos materiales ligno-celulosicos también mostraron un mayor crecimiento en sustratos con una muy baja cantidad de lignina (Marquez-Mota y otros 2012; Quiroz-Castañeda y otros, 2010). *P. sanguineus* presenta gran adaptabilidad y resistencia a condiciones desfavorables, se lo encuentra sobre troncos caídos o quemados, y madera de lugares modificados por el hombre. El complejo enzimático de *P. sanguineus* resiste temperaturas de hasta 80° C y un rango de pH entre 2 y 8 (Quiroz-Castañeda y otros, 2010).

Actividad antibacteriana

Bacterias	Halo de inhibición en mm para los extractos de <i>P. sanguineus</i>				Controles		
	8mg/mL	16mg/mL	24 mg/mL	32 mg/mL	Negativo	Positivo	
						Estreptomina 300 µg	Gentamicina 10 µg
<i>E. coli A</i>	-	-	9,4 ± 1,14	10,8 ± 0,83	-	23	24
<i>E. coli B</i>	-	11,4 ± 2,07	11,2 ± 1,30	12,6 ± 1,67	-	18	17
<i>E. coli C</i>	-	11,6 ± 1,14	12 ± 0,70	17 ± 1,58	-	22	18
<i>S. typhi</i>	-	12 ± 0,70	15,2 ± 1,78	21,8 ± 1,92	-	24	24
<i>S. aureus</i>	-	13,6 ± 0,89	14,8 ± 1,09	19,6 ± 1,51	-	28	15
El signo – indica que no se presentó inhibición.							

Tabla 1. Media ± Desviación estándar en mm de diámetro de los halos de inhibición (n=5) presentados por las bacterias en contacto con los extractos de *P. sanguineus*.

Los extractos acetónicos obtenidos de los cultivos fúngicos crecidos en residuos de naranja mostraron actividad antimicrobiana frente a todas las bacterias evaluadas (*E. coli* cepa A, *E. coli* cepa B, *E. coli* cepa C, *S. aureus* y *S. typhi*) a concentraciones de 16 mg/mL y 32 mg/mL, excepto en la cepa A de *E. coli*, en donde no se registró inhibición a una concentración de 16 mg/ml (tabla 1) probablemente debido a la resistencia a diversos antibióticos adquirida por la cepa.

Smania y otros (1998) observaron actividad inhibitoria y bactericida a concentraciones iguales o mayores a 4 mg/mL con estas mismas bacterias. Por su parte, Cruz-Muñoz y otros (2015) comprobaron la inhibición de bacterias de interés clínico a concentraciones iguales o mayores a 8 mg/mL. En el ensayo se utilizaron concentraciones iguales y superiores a 16mg/mL, esto se puede deber a que los pigmentos extraídos del micelio contenían una menor cantidad de cinabarina con respecto a los del basidiocarpo, y por lo tanto su efecto menor (Acosta-Urdapilleta y otros, 2010).

El extracto de *P. sanguineus* fue efectivo tanto en el control de bacterias Gram positivas como Gram

negativas, coincidiendo con lo dicho por Smania y otros (1998) aunque estos autores expresan que existe una mayor acción sobre las Gram positivas. Al provocar inhibición en el crecimiento de ambos grupos bacterianos, se puede inferir que los principios activos que están presentes en el extracto, en su mayoría cinabarina, no actúan sobre la síntesis de la pared celular aclarar, con lo que deberá existir otro mecanismo de acción que sería interesante dilucidar. Los halos de inhibición de las cepas más sensibles no fueron mayores que las de los controles positivos (estreptomina y gentamicina).

Estos pigmentos, principalmente la cinabarina, tienen potencial contra infecciones producidas por *E. coli*, *S. typhi* y *S. aureus* como también sobre otras bacterias patógenas que se encuentran en los alimentos (Sánchez y Mata, 2012).

Análisis estadístico de la inhibición microbiana

Los resultados del análisis bifactorial completamente aleatorizado, demostraron que los factores en estudio presentan diferencias

significativas, lo que implica que cada bacteria responde de diferente manera a las distintas concentraciones del extracto, como también que unas son más sensibles que otras. En el ANAVA estableció que existe diferencia significativa entre las concentraciones del extracto y entre las diferentes cepas bacterianas. test de Tukey, estableció diferencias significativas entre las medias de los halos de inhibición de las distintas cepas bacterianas.

CONCLUSIÓN

Los basidiomas recolectados en la zona de valle templado de Jujuy se identificaron como *P. sanguineus*. Se evaluó el crecimiento de éste y otros hongos lignocelulósicos, sobre residuos de naranjas siendo *P. sanguineus* el único que creció sobre el sustrato sólido debido principalmente a su composición química, como también a un pH adecuado para la producción de metabolitos secundarios. Las bacterias inhibidas por distintas concentraciones del extracto de este hongo fueron *S. aureus*, *S. typhi* y *E. coli*. Es interesante la producción industrial de *P. sanguineus* pues representa una alternativa a los productos farmacológicos aplicados en animales y además crece sobre sustratos considerados un desperdicio como la cáscara de naranjas.

BIBLIOGRAFÍA

Achenbach, H. & Blumm, E. 1991. Investigation of the pigments of *Pycnoporus sanguineus*: pycnosangui and new phenoxazin-3-one. *Archiv der Pharmazie* 324: 3-6.

Acosta-Urdapilleta, L.; Alonso, G.A.; Rodriguez, A.; Adame, M.; Salago, D., Salago, J.; Montiel-Peña, M.; Medrano-Vega, F. & Villegas, E.C. 2010. *Pycnoporus sanguineus*, un hongo con potencial biotecnológico. 189-220 En: Martínez-Carrera, D., Cuvertto, N., Sobal, M., Mora, V. M. (eds). Hacia un Desarrollo Sostenible de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales: Producción, Desarrollo y Consumo. Micología Aplicada Internacional. Puebla, México.

Cruz Muñoz, R.; Piña-Guzmán, A.B; Yañez-Fernández, J.; Valencia-Del Toro, G Bautista-

Baños, S & Villanueva Arce, R. 2015. Producción de pigmentos de *Pycnoporus sanguineus* en medio de cultivo sólido. *Agrociencia* 49 (4): 347-359.

Federcitrus, 2017. Informe regionales 2017: Estadística de los últimos diez años en la actividad citrícola en Argentina. Disponible en :www.federcitrus.org/noticias/upload/informes/Act%20Citricola%2017.pdf. Último acceso: 4 de junio del 2017.

Gaitán-Hernández, R.; Salmones, D.; Mata, G. Merlo, R. 2006. Característica generales de las setas y Elaboración del inoculo: 3-19 Manual Práctico del Cultivo de Setas: Aislamiento, Siembra y Producción. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz México.

Gbolagade, J.; Kigigha, L. & Ohimain, E. 2007. Antagonistic effect of extracts of some nigerian higher fungi against selected pathogenic microorganisms. *American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science* 2(4): 364-368.

Inácio, D.; Ferreira, O.; Vaz de Araujo, A.; Peralta, M. & Márquez de Sounza, C. G. 2015. Production of enzymes and biotransformation of orange waste by oyster mushroom, *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué. *Advances in Microbiology* 5:1-8.

Iwalokun, A.; Usen, A.; Otunba, A. & Olukoya, K. 2007. Comparative phytochemical evaluation, antimicrobial and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus*. *African Journal of Biotechnology*. 6 (15): 1732-1739.

Mora, M. & Martínez-Carrera, D. 2007. Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de setas (*Pleurotus*) en México. 7-26 En: El Cultivo de Setas *Pleurotus spp.* en México. ECOSUR. México.

Marquez-Mota, C.; Leal-Lara, H. & Ramirez-Carrillo, R. 2012. Efecto de la cascarilla de algodón y el aserrín de encino sobre el rendimiento de *Pleurotus eryngii*. 163-171 .En: Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica: Investigación y Desarrollo en un Entorno Multicultural. Colegio de las fronteras del Sur. Tapachulas, México.

Piñero-Bonilla, J. & Díaz, I. 2010. Optimización de un medio de cultivo para la producción de biomasa de *Nocardia sp.* a partir de residuos de naranja como sustrato. *Revista de la Sociedad Venezolana de*

Microbiología 30: 102-108

Quiroz-Castañeda, R.; Pérez-Mejía, N.; Martínez-Anaya, C.; Acosta-Urdapilleta, L. & Folch-Mallol, J. 2010. Evaluation of different lignocellulosic substrates for the production of cellulases and xylanases by the basidiomycete fungi *Bjerkandera adusta* and *Pycnoporus sanguineus*. *Biodegradation* 22(3):565-572.

Rojas, J.; García, A. & López A. 2004. Evaluación de dos metodologías para determinar la actividad antimicrobiana de plantas medicinales. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 4(2):28-32.

Royse, D. & Sanchez-Vazquez, J. 2003. Influence of substrate wood-chip particle size on shiitake (*Lentinula edodes*) yield. *Bioresource Technology* 76 (3): 229-233.

Sánchez JE, Mata G, eds. 2012. Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica. 163-338. En: *Investigación y Desarrollo en un Entorno Multicultural*. Colegio de las fronteras del Sur. Tapachulas, México.

Smania, E. F. A.; Samania, A. & Loguercio-Leite, L. C. 1998. Cinnabarin synthesis by *Pycnoporus sanguineus* strains and antimicrobial activity against bacteria from food products. *Rev. Microbiol.* 29: 129-136.

Téllez-Téllez, M; Villegas E, Rodriguez, A.; Acosta-Urdapilleta, M.L.; O'Donovan A. & Díaz-Godínez G. 2016. Fungi of *Pycnoporus*: morphological and molecular identification, worldwide distribution and biotechnological potential. *Mycosphere* Doi 10.5943/mycosphere/si/3b/3

Webster, J. & Weber, R.W.S. 2008. Homobasidiomycetes: 527-532 *Introduction to Fungi*. 3^a ed. Cambridge University Press. The Edinburgh Building, Cambridge

Wright E. J. & Albertó E. 2002. Hongos. Guía de la región Pampeana. Vol. I Hongos con laminillas. Vol. II. Hongos sin laminillas. Editorial L.O.L.A. Buenos Aires.

IDENTIFICACIÓN DE LAS DIFICULTADES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE MECÁNICA DE ALUMNOS DEL PRIMER AÑO DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

IDENTIFICATION OF DIFFICULTIES IN MECHANICS' PROBLEMS SOLVING BY FIRST-YEAR STUDENTS OF THE BACHELOR DEGREE IN BIOLOGICAL SCIENCES AT THE FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES

Madregal, Sergio O.¹, Huarachi, Sergio F.¹, Zelaya, Victor A.¹

RESUMEN

En este artículo se presenta un estudio exploratorio sobre las dificultades detectadas en la aplicación de conceptos de mecánica de los alumnos de la Licenciatura en Ciencias Biológicas de la U.N.Ju. Se ha realizado un análisis de problemas cerrados que resolvieron los alumnos en las instancias del primer parcial en que se evalúa la mayoría de los conceptos de la mecánica clásica. En este análisis se estudia cuantitativamente las puntuaciones otorgadas a los problemas resueltos, con la finalidad de determinar el desempeño de los alumnos en los temas evaluados y luego centrar el estudio en aquellos que se consideran críticos, para analizarlos en los diferentes aspectos identificativos y lógicos formales.

Se observa que menos del 30% resuelven correctamente los problemas propuestos sobre Dinámica e Hidrostática y sólo alrededor del 50% de los estudiantes pueden aplicar cuantitativamente las leyes físicas que les permitan llegar a un resultado correcto, lo que se condice con que más del 40% no realizan los esquemas o diagramas de cuerpo libre.

A partir de estos resultados se concluye que es necesario replantear el proceso de enseñanza y de aprendizaje e incorporar nuevas estrategias didácticas para superar esta problemática

Palabras claves: Dificultades de los estudiantes. Física. Problemas cerrados

SUMMARY

This article shows an exploratory study about the difficulties detected in the application of mechanics concepts by students of the Bachelor degree in Biological Sciences at U.N.Ju. We have analyzed the result of the closed-ended problems that the students solved in the first mid-term test in which most of the concepts of classical mechanics are assessed. In this analysis a quantitative study of the grading given to the solved problems is carried out, to determine the students' performance in the concepts assessed and then focus the study on those that are considered critical, to analyze them in the different identifying and formal logical aspects.

It is observed that less than 30% of the problems on Dynamics and Hydrostatics are correctly solved and only about 50% of the students can apply quantitatively the physical laws that allow them to reach a correct result, which is consistent with the fact that more than 40% do not draw the diagrams or free-body diagrams.

Results show that it is necessary to reconsider the teaching and learning process and to incorporate new teaching strategies to overcome this problem.

Keywords: Closed-ended problems. Physics. Student's difficulties

INTRODUCCIÓN

Los profesores de Nivel Superior Universitario están preocupados y en constante reflexión sobre cómo preparar a los futuros profesionales para que estos puedan desempeñarse de manera adecuada frente a los requerimientos que la sociedad actual les demanda (Fernández Lamarra, 2010).

Una de las asignaturas básicas para la formación en Ciencias Biológicas es la Física, que es una ciencia cuyo objetivo es el estudio de los componentes de la materia y sus interacciones y en esos términos se intenta explicar las propiedades generales de la misma, así como los demás fenómenos naturales que se observan. El estudio de la Física es importante porque proporciona el marco teórico en el cual se basan otras ciencias naturales como la Química y la Biología, y desde el punto de vista práctico aporta técnicas que pueden usarse en cualquier área de investigación, tanto pura como aplicada. Puede decirse que cualquier idea usada en el estudio de otras disciplinas está basada en ideas desarrolladas en el campo de la Física (Young y Freedman, 2009).

La aplicación de los conocimientos teóricos en la resolución de problemas que involucran fenómenos físicos es una cuestión que preocupa a los docentes de Física debido a los altos porcentajes de respuestas erróneas de los estudiantes (Tuminaro y Redish, 2004; Truyol y Gangoso, 2006; Drake, 2009), los cuales consideran que la asignatura es difícil (Williams y otros, 2003, Soong y otros, 2009), ya que su estudio exige no sólo la mera repetición de la teoría impartida en clase sino una clara interpretación de la misma para su aplicación en la resolución de los problemas en los cuales resulte conveniente. Esta es una situación que se presenta durante el cursado de la asignatura Física de los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Biológicas de la U.N.Ju.

La resolución de problemas desempeña un papel importante en la enseñanza de las ciencias y muchos autores resaltan que resolver problemas es una tarea privilegiada para el aprendizaje (Hinojosa y Sanmartí, 2016) y es muy utilizada en la enseñanza (Buteler y otros, 2001; Oviedo, 2006). En estas actividades se aplican los conocimientos adquiridos a nuevas situaciones, es decir, donde se promueve la transferencia del aprendizaje.

Hinojosa y Sanmartí (2016) señalan que esta

actividad es generadora de un mecanismo a través del cual, quien aprende, combina información teórica (conceptos, leyes, principios), procedimientos (cálculo aritmético y algebraico, reconocimiento de variables, construcción de hipótesis, interpretación de gráficos, entre otros) y una actitud favorable hacia la tarea o hacia la disciplina en cuestión. Mientras que Perales Palacios (1998) señala que “es una situación incierta que provoca en quien la padece una conducta (resolución del problema) tendiente a hallar la solución (resultado) y reducir de esta forma la tensión inherente a dicha incertidumbre” y Polanco Zuleta (2011) lo resume como “una situación que no tiene una respuesta inmediata para el individuo, por lo cual es necesario de un análisis y un razonamiento de hechos, datos y conceptos para poder hallar la solución, además de generar una sensación de incertidumbre que provoca interés y la búsqueda de la solución del mismo”. Mientras que Martínez Torregrosa (en Oviedo, 2006) señala que las situaciones planteadas en el aula como problemas (por resolver con lápiz y papel), no se consideran problemas, puesto que se conoce su solución, Oviedo (2006) señala que en el aula, se habla de problemas, tanto si el estudiante sabe o no resolverlos y considera al problema como un elemento de una estrategia de enseñanza por las etapas que implica su proceso de resolución y por la complejidad que puede presentar para la persona que afronta su resolución.

Para tener una idea de las clases de problemas diseñados para poder investigar y explicar la manera en que se aborda su solución, diferentes autores como Caballer y Oñorbe, Perales, Watts, Garrett, Frazer, Jessup, Oviedo y Pulido de Castellanos, entre otros han propuesto diferentes clasificaciones de los problemas pero no hay un acuerdo único de clasificación (Oviedo, 2006). En este trabajo se toma la clasificación de Perales Palacios (1998) que los clasifica de acuerdo a la solución obtenida como problemas abiertos y cerrados, de acuerdo a la tarea requerida: en cualitativos, cuantitativos y experimentales, y por último de acuerdo al procedimiento seguido: en ejercicios, algorítmicos, heurísticos y creativos.

Buteler y otros (2001), señala que numerosos investigadores han estudiado las dificultades en la resolución de los problemas, una línea, representada por Gil Perez (1983), con una perspectiva didáctica, cambiando la modalidad de los problemas tratando

de superar la metodología de la superficialidad, una segunda línea centrándose en el sujeto (Simon y Simon, 1978, Larkin, y otros, 1980) pero todos ellos desde el punto del procedimiento efectuado diferenciando la forma de resolución de expertos y novatos.

Elizondo Trevino (2013) propone una clasificación que surge del análisis de estos estudios y que consiste en los siguientes ítems: dificultades para identificar los datos relevantes del problema, dificultades para comprender los significados de los datos, dificultades para contextualizar los conceptos de la Física, dificultades para transcribir al lenguaje matemático los datos del problema, dificultades por deficiencias en sus habilidades matemáticas, dificultades para transcribir al lenguaje de la Física los datos de la solución del problema.

El objetivo de este trabajo es indagar los errores y dificultades detectados en la aplicación de conceptos de mecánica que presentaron los alumnos de primer año de la Licenciatura en Ciencias Biológicas de la U.N.Ju, al resolver los ejercicios del primer parcial y sus etapas recuperatorias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo se analizan 87 parciales realizados por los alumnos de primer año de la Licenciatura en Ciencias Biológicas correspondiente a las instancias del primer parcial (primer examen,

recuperatorio y flotante) en los que se evalúa la mayoría de los conceptos de la mecánica clásica. Los conceptos evaluados fueron Cinemática, Dinámica, Trabajo y Energía, Hidrostática e Hidrodinámica.

Estas evaluaciones consistieron, cada una, en cinco problemas en las temáticas citadas y los mismos pueden clasificarse de acuerdo a Perales Palacios (1998) en problemas cerrados, ya que la solución encontrada es única. Los problemas cerrados son aquellas tareas que contienen toda la información precisa y son resolubles mediante el empleo de un cierto algoritmo por parte del solucionador (Polanco Zuleta, 2011).

En un primer análisis se categoriza a los problemas como: bien resueltos, resueltos con errores, mal resueltos y no resueltos, para abordar este análisis se utilizan las calificaciones que otorgan los docentes durante la corrección de los exámenes.

Mientras que para el análisis de las dificultades que presentan los alumnos al resolver los problemas que se detectan como críticos, se utilizan consideraciones como: identifica los datos relevantes del problema, comprende el significado de los datos, realiza un gráfico o diagrama de cuerpo libre (DCL) que represente el problema planteado, indica el sistema referencia utilizado, contextualiza los conceptos de la Física, transcribe al lenguaje matemático los datos del problema y presenta deficiencias en sus habilidades matemáticas y escribe en el lenguaje de la Física los datos de la solución del problema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

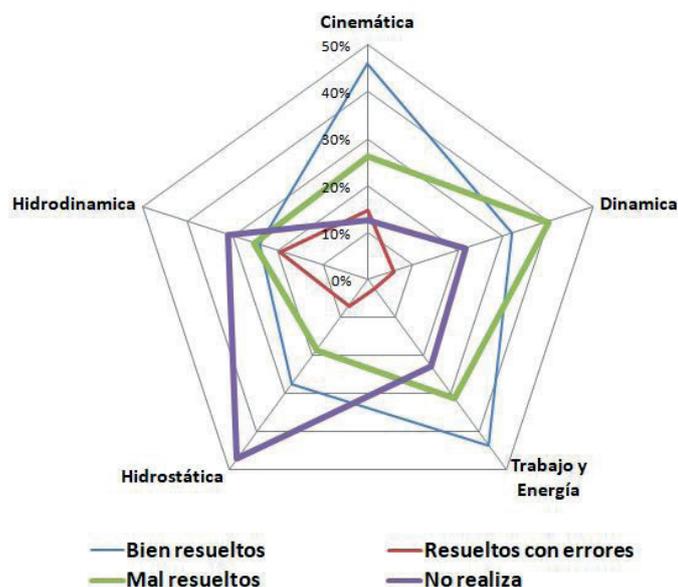
Los resultados que se presentan en este análisis documental son los que se muestran en la siguiente tabla 1.

	Cinemática	Dinámica	Trabajo y energía	Hidrostática	Hidrodinámica
Bien resueltos	46%	32%	44%	28%	24%
Resueltos con errores	15%	6%	2%	7%	20%
Mal resueltos	26%	40%	31%	18%	25%
No realiza	13%	22%	23%	47%	31%

TABLA 1: Resultados obtenidos en el primer parcial de Física y sus instancias recuperatorias.

Y los mismos se resumen en el gráfico 1.

GRÁFICO 1: Resultados obtenidos en el primer parcial de Física y sus instancias recuperatorias.



Entre los resultados obtenidos, se observa que el 40% no resolvieron correctamente los problemas propuestos sobre Dinámica e Hidrostática, siendo la Hidrostática el tema que el 47% no pudieron resolver.

A partir de este resultado se decide analizar cuáles fueron las dificultades que presentaron los alumnos para ello se utilizó la categorización presentada por Elizondo Treviño (2013) modificada. Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes tablas.

	Identifica los datos relevantes del problema	Comprende los significados de los datos	Realiza gráfico	Indica sistema de referencia	Contextualiza los conceptos de la Física	Transcribe al lenguaje matemático los datos del problema	Presenta deficiencias en sus habilidades matemáticas	Escribe en el lenguaje de la Física los datos de la solución del problema
SI	86%	77%	26%	11%	97%	44%	12%	73%
NO	14%	23%	64%	89%	3%	56%	88%	27%

TABLA 2: Dificultades que presentan los alumnos durante la resolución de los problemas de Dinámica.

	Identifica los datos relevantes del problema	Comprende los significados de los datos	Realiza gráfico	Indica sistema de referencia	Contextualiza los conceptos de la Física	Transcribe al lenguaje matemático los datos del problema	Presenta deficiencias en sus habilidades matemáticas	Escribe en el lenguaje de la Física los datos de la solución del problema
SI	86%	64%	45%	11%	82%	48%	5%	61%
NO	28%	36%	55%	89%	18%	52%	95%	39%

TABLA 3: Dificultades que presentan los alumnos durante la resolución de los problemas de Hidrostática.

Como se observa en las tablas, los alumnos no realizan gráficos (64%) en el caso de Dinámica y el 55% en el caso de Hidrostática, ni indican el sistema de referencia que usan (89%) en ambos temas y que el 56% no pueden escribir las ecuaciones

que representan matemáticamente el fenómeno físico, mientras que el 44% si lo hacen en el caso de los problemas de Dinámica, valores similares se obtienen para la resolución de problemas de Hidrostática, lo que hace suponer que los alumnos

no aprenden a resolver problemas sino memorizan soluciones de los problemas propuestos como lo menciona Custódio y otros (2012).

Es de notar que los conceptos y procedimientos usados para resolver problemas de Dinámica también son usados en Hidrostática.

CONCLUSIONES

A partir de estos resultados se concluye en esta primera etapa de la investigación que es necesario:

Analizar el tipo de estrategias usadas durante el proceso de enseñanza y de aprendizaje, para indagar si las dificultades que se observan en su resolución tienen causa en la elaboración de dichas estrategias. Si así fuera se hace necesario revisar su diseño incorporando las habilidades que deben poner en juego los estudiantes y teniendo presente según Doyle, la ambigüedad y el riesgo de cada una (Gimeno Sacristán y Pérez Gómez, 1993).

Ofrecer estrategias en las cuales los alumnos tengan que realizar la gráfica de la solución problemática y la indicación del sistema de referencia utilizado para formalizar adecuadamente las leyes que involucran el fenómeno.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue realizado con subsidio de la Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales de la Universidad Nacional de Jujuy.

BIBLIOGRAFÍA

Buteler, I. Gangoso, Z. Brincones Calvo, I. González Martínez, M. (2001). La resolución de problemas en física y su representación: un estudio en la escuela media. *Enseñanza de las Ciencias*. 19. 285-295.

Custódio, J.L. Clement, L. Ferreira, G.F. (2012). Crenças de professores de física do ensino médio sobre atividades didáticas de resolução de problemas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 11, Nº 1, 225-252.

Drake, C. T. (2009). African-American College Student Attitudes Toward Physics and Their Effect on Achievement. *Dissertations*. 1034. 1-95.

Elizondo Treviño, M.S. (2013) Dificultades en la enseñanza de la Física. *Presencia Universitaria*. Año 3. Nº 5 Enero-Junio 2013. 70-77.

Fernández Lamarra, N. (2010). *Hacia una nueva agenda de la Educación Superior en América Latina*. ANUIES. México.

Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A. (1993). *Comprender y transformar la enseñanza*. Ed. Morata. Madrid.

Hinojosa, J. y Sanmartí, N. (2016). Promoviendo la autorregulación en la resolución de problemas de física. *Ciência & Educação (Bauru)*, 22(1), 7-22. <https://dx.doi.org/10.1590/1516-731320160010002>.

Larkin, J. McDermott, J. Simon, D. Simon, H. (1980). Expert and Novice Performance in Solving Physics Problems. *Science*. Vol 208. 1335-1342.

Oviedo, P. (2006). La resolución de problemas. Una estrategia para aprender a aprender. *Revista De La Universidad De La Salle*, (41), 31-39.

Perales Palacios, F.J. (1998). La resolución de problemas en la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista de Educación y Pedagogía*. Universidad de Granada. Vol. X Nº 21. mayo - agosto 1998. 119-143.

Polanco Zuleta, M.K. (2011). Resolución de situaciones problemas en la enseñanza de las ciencias: un estudio de análisis. *Asociación Colombia para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT*. Revista EDUCyT. Vol. 4. 123-138. Bogotá.

Soong, B., Mercer, N. y Er, S.S. (2009). Students' Difficulties When Solving Physics Problems: Results from an ICT-infused Revision Intervention. *Proceedings of the 17th International Conference on Computers in Education, ICCE 2009*. 361-365.

Truyol, M.E. y Gangoso, Z. (2010). La selección de diferentes tipos de problemas de física como herramienta para orientar procesos cognitivos. *Investigações em Ensino de Ciências – V15(3)*, pp. 463-484.

Tuminaro, J., & Redish, E. F. (2004). Understanding students' poor performance on mathematical problem

solving in physics. Physics Education Research Conference, 720, 113-116. DOI: 10.1063/1.1807267.

Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., Boyes, E., y Dickson, D. (2003). Why aren't secondary students interested in physics? *Physics Education*, 38(4), 324-329.

Young, H. D. y Freedman, R. A. (2009). *Física Universitaria*. Vol 1. 12^o ed. Pearson Education. México.

INDICE

Páginas 5-9:

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE *Meloidogyne arenaria* (NEAL) CHITWOOD NEMATODO NODULADOR DEL CULTIVO DE POROTO EN LA PROVINCIA DE JUJUY, ARGENTINA.

Gallardo, C. B.; Achinelly, M. F.; Cap, G. B.; Nico, A.; Brito, J. A.

Páginas 10-19:

AJUSTE DE LA ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE HARGREAVES Y SAMANI A LA METODOLOGÍA DE PENMANMONTEITH (FAO, 56), PARA LOCALIDADES DEL NOROESTE ARGENTINO

Moreno, C.A.; Hurtado, R.H.; Portal, M.R.; Valdiviezo Corte, M.B; Riquelme, A.; Alabar, F.; Mayo, H.

Páginas 20-25:

INCORPORACIÓN DE PROTEÍNAS DE LACTOSUERO EN QUESO DE CABRA FRESCO

Cruz, S.; Burgos, L.; Maldonado, S.

Páginas 26-36:

ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE CONCENTRADO DE FRUCTANOS DE YACÓN A TRAVÉS DE SECADO EN SPRAY

Soruco, J. A.; Maldonado, S.

Páginas 37-45:

EVALUACIÓN HIGIÉNICO SANITARIA DE CARNE PICADA FRESCA, EMBUTIDOS Y CARNICERIAS DE LA CIUDAD DE EL CARMEN, JUJUY

Rozo, V.F.; Ortega, A.M.A.; Rodríguez, C.I.; Santapaola, M.F.; Rodríguez, C.; Díaz, M.

Páginas 46-53:

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONOCIMIENTO SOBRE SU CALIDAD Y LOS RIESGOS PARA LA SALUD EN ESCUELAS PRIMARIAS DE LA CIUDAD DE EL CARMEN, JUJUY

Ortega, A.M.A.; Colqui, V.M.

Páginas 54-59:

METABOLITOS INHIBIDORES DE BACTERIAS PRODUCIDOS POR HONGOS LIGNOCELULÓSICOS CULTIVADOS EN RESIDUOS DE NARANJA

Cruz, E.; Tejerina, M.; Benitez Ahrendts, M.R.

Páginas 60-65:

IDENTIFICACIÓN DE LAS DIFICULTADES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE MECÁNICA DE ALUMNOS DEL PRIMER AÑO DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Madregal, S.O.; Huarachi, S.F.; Zelaya, V.A.

INDEX

Pages 5-9:

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF *Meloidogyne arenaria* (NEAL) CHITWOOD ROOT-KNOT NEMATODE OF BEANS CROPS IN JUJUY PROVINCE, ARGENTINA.

Gallardo, C. B.; Achinelly, M. F.; Cap, G. B.; Nico, A.; Brito, J. A.

Pages 10 -19:

ADJUSTING ESTIMATING EVAPOTRANSPIRATION HARGREAVES AND SAMANI METHODOLOGY PENMAN - MONTEITH (FAO, 56), FOR LOCATIONS IN NORTHWESTERN ARGENTINA

Moreno, C.A.; Hurtado, R.H.; Portal, M.R; Valdiviezo Corte, M.B; Riquelme, A.; Alabar, F.; Mayo, H.

Pages 20-25:

INCORPORATION OF WHEY PROTEINS IN FRESH GOAT CHEESE

Cruz, S.; Burgos, L.; Maldonado, S.

Pages 26-36:

FRUCTANS OF YACÓN OBTAINING PROCESS BY SPRAY DRYING TECHNOLOGY

Soruco, J. A.; Maldonado, S.

Pages 37-45:

SANITARY HYGIENIC EVALUATION IN GROUND FRESH MEAT, SAUSAGES AND BUTCHERS OF THE CITY OF EL CARMEN, JUJUY

Rozo, V.F.; Ortega, A.M.A.; Rodríguez, C.I.; Santapaola, M.F.; Rodríguez, C.; Díaz, M.

Pages 46-53:

DETERMINATION OF THE BACTERIOLOGICAL QUALITY OF THE DRINKING WATER AND EVALUATION OF THE DEGREE OF KNOWLEDGE ABOUT THEIR QUALITY AND THE RISKS TO HEALTH IN ELEMENTARY SCHOOLS OF THE CITY OF EL CARMEN, JUJUY

Ortega, A.M.A.; Colqui, V.M.

Pages 54-59:

METABOLITES THAT INHIBIT BACTERIA PRODUCED BY LIGNOCELLULOSIC FUNGI GROWN IN ORANGE WASTE

Cruz, E.; Tejerina, M.; Benitez Ahrendts, M.R.

Pages 60-65:

IDENTIFICATION OF DIFFICULTIES IN MECHANICS' PROBLEMS SOLVING OF STUDENTS FIRST YEAR OF THE BACHELOR AT BIOLOGICAL SCIENCES OF THE FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES

Madregal, S.O.; Huarachi, S.F.; Zelaya, V.A.