

Revista de Ciencia y Tecnología

INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA, SALUD, BIOLOGÍA Y GENÉTICA, EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

AÑO 23 / Nº 35 / 2021

ÍNDICE

- 6 Aislamiento e identificación de microorganismos amilolíticos y tolerantes a cianuro de efluentes de la industria almidonera / Ramona C. Barua, María A. Kolman, Marina S. Aguila, Pedro D. Zapata, Adriana E. Alvarenga
- 14 Análisis sensorial de mate frío (tereré) de jugo artificial sabor naranja mediante estadística de supervivencia / Emiliano R. Neis, Mónica M. Covinich, Griselda P. Scipioni
- 22 Asociación de realidad aumentada y aeronaves no tripuladas: investigaciones y oportunidades emergentes en AECO / João Paulo Franco Assumpção, Ana Regina Mizrahy Cupers Schmid
- 30 Estudios preliminares para el procesamiento de minerales mediante calcinación solar / Silvana K. Valdez, Agustina M. Orce, Blanca A. Abregú, Martin Thames Cantolla
- 35 La función percibida en el diseño de automóviles “populares” y su importancia para el mercado / André Demaison, Galdenoro Botura Jr, Luis Carlos Paschoarelli
- 44 Una revisión de los sistemas recomendadores grupales como herramienta innovadora en el área del turismo / Yilena Pérez-Almaguer, Neober Martín-Dueñas, Edianny Carballo-Cruz, Raciél Yera
- 54 Secado y estimación de coeficientes efectivos de difusión de recubrimientos con contenido reducido de azúcar / Bárbara E. Meza, Daiana A. Beuter, Luis A. Brumovsky y Juan Manuel Peralta
- 61 Modelado con lógica difusa del circuito RC en serie con hardware y software de bajo costo / Edgar Serrano Pérez
- 66 Estimación del costo hospitalario de las úlceras crónicas de miembros inferiores en Tucumán, Argentina / Romina Chavez-Jara, Nicolás Cerusico, María Lazarte, Carla A. Cabrera, María E. Sesto Cabral, Alberto N. Ramos
- 73 El panorama de las estrategias nanotecnológicas contra el COVID-19: productos y diagnósticos, vacunas y tratamientos / Thyago José Arruda Pacheco, Franciéle de Matos da Silva, Danielle Galdino de Souza, Victor Carlos Mello da Silva, Raquel Santos Faria
- 79 Instrucciones a los autores
- 82 Instructions to authors
- 85 Instruções aos autores
- 89 Confirmación de Autoría y Derechos de Publicación. / Confirmation of Authorship and Publication Regulations. / Confirmação de Autoria e Direitos de Publicação

• **SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO. FCEQyN-UNaM**

Secretario: Dra. Alicia E. Ares

• **REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

COMITÉ EDITORIAL

Editor principal: Dra. Alicia E. Ares. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Misiones. Argentina.

Editor adjunto: Dr. Miguel E. Schmalko. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Misiones. Argentina.

CONSEJO DE EDICIÓN

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Argentina

Dr. Dardo A. Martí.
Dra. Laura A. Ramallo.
Dra. Marina Quiroga.
Dra. Laura L. Villalba.
Dr. Pedro D. Zapata.
Dr. Alberto S. Fenocchio.
Dra. Ana María Zoppi.
Mgter. María Celina Vedoya (Invitada).
Dra. María Marcela Brousse (Invitada).
Dra. Margarita Laczeski (Invitada).
Dra. Nancy B. Ganz (Invitada).
Dra. Natalia Zadorozne (Invitada).
Dr. Cristian Ferri (Invitado).
Mgter. Claudia Martínez (Invitada).
Dra. María de los Rosarios Mattivi (Invitada).
Dra. Graciela Bonneau (Invitada).
Mgter. Patricia Morawicki (Invitada).
Dr. Juan Carlos Michalus (Invitado).

Instituciones de la Argentina

Mgter. Nilda Josefa Corral. Facultad de Humanidades. UNNE. Resistencia. Chaco.
Dra. Silvia Di Genaro. Universidad Nacional de San Luis. San Luis. Argentina.
Dr. Roque Hours. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
Dr. Rodolfo Mascheroni. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos. La Plata. Argentina.
Dr. Jorge E. Monzón. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. UNNE. Corrientes. Argentina.
Dra. Silvia Resnik. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
Dr. José G. Seijo. Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agrimensura. UNNE, Corrientes. Argentina.

Revista de Ciencia y Tecnología on line: www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt. Hecho el depósito de la Ley 11723. Impreso en Argentina. ISSN de la revista impresa: 0329-8922. ISSN de la revista electrónica: 1851-7587.

Esta Revista es un servicio de la SECIP. Está prohibida su venta a terceros como también la reproducción total o parcial con fines comerciales. Los trabajos presentados han sido aceptados para su publicación por el Consejo de Dirección y el Consejo de Edición. La Revista no se hace responsable de las opiniones contenidas en los artículos, siendo de responsabilidad exclusiva de los autores de los mismos. La edición de la Revista cuenta con el apoyo económico de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales y de la Fundación Fac. Cs. Ex. Qcas. y Naturales.

Toda correspondencia relacionada a la Revista debe ser dirigida a: Revista de Ciencia y Tecnología. Félix de Azara 1552, 3300, Posadas, Misiones, Rep. Argentina. Teléfono: 54-376-4422186, Fax: 54-376-4425414, E-mail: recyt@fceqyn.unam.edu.ar. Revista de periodicidad semestral.

Instituciones del Exterior

Dra. María Sol Brassesco Annichini. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP, Brasil.

Dr. Rafael A. Auras. Michigan State University, Michigan, Estados Unidos.

Dra. Marusia Stefanova. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV).

Dr. Andre Luiz Ferraz. Departamento Biotecnologia, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Brasil.

Mgter. Mirtha Lucía Abraham Nazif. Universidad Academia de Humanismo Cristiano. Providencia, Santiago de Chile.

Dra. Pilar López Ruiz. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid. España.

Dr. José Ignacio Paláez Sánchez. Universidad de Málaga. España.

EQUIPO EDITORIAL

Armado de interior y tapa: D.G. Javier B. Giménez.

Revisión de texto: Psp. Marina E. Rojas.

Revisión de texto en inglés: Lic. María C. Benassi, Prof. María E. Sobrero, Lic. Silvia Flores, Lic. Martha S. Godoy, Prof. María L. Stefañuk, Lic. María F. Picasso, Mgter. Mariana Boari.

Revisión de texto en portugués: Prof. Cristina S. Pastori.

Colaboradores técnicos: Lic. Nancy B. Ganz, Marina Rojas, ASC. Víctor R. Narvaez.

COMITÉ DE REVISIÓN EXTERNO INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA, SALUD, BIOLOGÍA Y GENÉTICA, EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Dr. Alexandre Cardoso. Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Brasil.

PHD. Francisco Javier Estrella Liébana. Universidad de Jaén. España.

Dr. Octavio Loyola-González. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. México.

Dr. Pablo Orosco. Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy (CIDMEJU). Argentina.

Mgter. Ana Alicia Pokolenco. Instituto Misionero de Estudios Superiores. Argentina.

Mgter. Carlos A. J. Molinari. Universidad de Luján. Argentina.

Mgter. Mario Oloriz. Universidad Nacional de Luján. Argentina.

Dra. Marcela Schenk. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Dra. Bárbara Erica Meza. Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC). Universidad Nacional del Litoral. Argentina.

Dr. Marcos Maiocchi. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.

**COMITÉ DE REVISIÓN INTERNO INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA, SALUD,
BIOLOGÍA Y GENÉTICA, EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**

Dra. Liliana Diekow. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dra. María de los Rosarios Mattivi. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dr. Javier Ernesto Kolodziej. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dra. Gabriela Verónica Díaz. Instituto de Biotecnología Misiones. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Mgter. Silvia Caronía. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Mgter. Williams René Pedrozo. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dr. Pedro Zapata. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dra. Patricia Oviedo. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dra. Graciela Bonneau. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dra. Sandra Liliana Hase. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Dr. Santiago Holowaty. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Esp. Miryan Susana López. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Revista de Ciencia y Tecnología

INGENIERÍA, TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA, SALUD, BIOLOGÍA Y GENÉTICA, EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

AÑO 23 / N° 35 / 2021

PRESENTACIÓN

El Consejo Editorial de la Revista de Ciencia y Tecnología presenta en esta oportunidad el primer número del año 2021, el N° 35 de la Revista de Ciencia y Tecnología (Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones) – Argentine Journal of Science and Technology.

El mismo está disponible en la página web <http://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/>.

Este número corresponde a las áreas temáticas: Biología y Genética, Ingeniería, Tecnología e Informática, Nota Técnica y Salud.

Las Instituciones en las que se desarrollaron los trabajos que se publican en este número son las siguientes:

- Universidad Tecnológica de México (UNTITEC). México.
- Universidade Estadual Paulista. Brasil.
- Institute of Biological Sciences. University of Brasília. Brasil.
- Universidad Estatal de Campinas (Unicamp). Brasil.
- Universidad de Holguín. Cuba.
- Hotel Pullman Cayo Coco. Cuba.
- Universidad de Ciego de Ávila. Cuba.
- Instituto de Biotecnología Farmacéutica y Alimentaria (INBIOFAL – CONICET). Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
- Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta. Argentina.
- Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI - CONICET). Argentina.
- Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC - CONICET). Universidad Nacional del Litoral. Argentina.
- Instituto de Biotecnología Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.
- Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Agradecemos especialmente a los Editores invitados para este número: la Mgter. María Celina Vedoya (Invitada), la Dra. María Marcela Brousse (Invitada), la Dra. Margarita Laczeski (Invitada), la Dra. Nancy B. Ganz (Invitada), la Dra. Natalia Zadorozne (Invitada), el Dr. Cristian Ferri (Invitado), la Mgter. Claudia Martínez (Invitada), la Dra. María de los Rosarios Mattivi (Invitada), la Dra. Graciela Bonneau (Invitada), la Mgter. Patricia Morawicki (Invitada), el Dr. Juan Carlos Michalus (Invitado).

Asimismo, agradecemos la tarea realizada por el Equipo Editorial (Psp. Marina Elizabeth Rojas, Dra. Nancy Ganz, D.G. Javier Giménez, Lic. María C. Benassi, Prof. María E. Sobrero, Lic. Silvia Flores, Lic. Martha S. Godoy, Prof. María L. Stefañuk, Lic. María F. Picasso. Prof. Cristina S. Pastori, Mgter. Mariana Boari y ASC. Víctor Narváez).

Atentamente,

Dra. Alicia Esther Ares

Editora Principal

Revista de Ciencia y Tecnología (RECYT)

Argentine Journal of Science and Technology

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales

Universidad Nacional de Misiones

recyt@fceqyn.unam.edu.ar

www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt

TE: +54 376-4422186 Interno 156

RECYT

Año 23 / Nº 35 / 2021 / 6–13

Aislamiento e identificación de microorganismos amilolíticos y tolerantes a cianuro de efluentes de la industria almidonera

Isolation and identification of amylolytic and cyanide tolerant microorganisms from cassava starch industry effluents

Ramona C. Barua¹, María A. Kolman¹, Marina S. Aguila¹, Pedro D. Zapata¹ y Adriana E. Alvarenga¹. *

Laboratorio de Biotecnología Molecular. Instituto de Biotecnología Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. CONICET. Universidad Nacional de Misiones.

* E-mail: adrianaealvarenga@gmail.com

Recibido: 25/06/2020; Aprobado: 12/11/2020

Resumen

El cultivo de mandioca en la Provincia de Misiones aporta la mayor parte de la producción a nivel nacional. Parte de la misma es destinada a la obtención de fécula, actividad que genera efluentes industriales con una elevada carga de materia orgánica y compuestos cianogénicos. Esto constituye una problemática a nivel ambiental y la biorremediación se presenta como una alternativa para la reducción de estos residuos, ya que se basa en la degradación del contaminante utilizando los microorganismos presentes en la matriz contaminada. El objetivo de este trabajo fue aislar microorganismos con capacidad para degradar almidón y tolerantes a cianuro a partir de efluentes de una industria almidonera. Fueron aisladas 93 cepas bacterianas y 15 de ellas fueron preseleccionadas mediante determinación cualitativa de actividad amilolítica. Utilizando el gen 16S rDNA para la identificación molecular, se determinó que algunos de estos aislamientos pertenecen a los géneros *Pseudomonas*, *Acinetobacter* y *Proteus*. Esas cepas se cultivaron en medio mínimo con distintas concentraciones cianuro y se logró determinar que una de ellas posee tanto la actividad amilolítica como la tolerancia a cianuro, ambas características deseables para biorremediación de efluentes de la industria almidonera.

Palabras clave: Mandioca; Bacterias; Almidón; Cianuro; Biorremediación.

Abstract

Cassava cultivation in the Misiones province largely contributes to the national production. Part of it is used to obtain starch, which generates industrial effluents with a high load of organic matter and cyanogenic compounds. This constitutes a problem at the environmental level and bioremediation is presented as an alternative to reduce this waste, since it is based on the degradation of the pollutant using microorganisms present in the contaminated matrix. The objective of this work was to isolate microorganisms with starch degradation capacity and tolerance to cyanide from effluents of the starch industry. We isolated 93 bacterial strains and 15 were preselected by qualitative determination of amylolytic activity. Using the 16S rDNA gene for molecular identification, it was determined that some of these isolates belong to the genera *Pseudomonas*, *Acinetobacter* and *Proteus*. These strains were cultivated in minimal medium with different cyanide concentrations and it was possible to determine that one of them has amylolytic activity and tolerance to cyanide, both desirable characteristics for bioremediation of effluents from the cassava starch industry.

Keywords: Cassava; Wastewater; Bacteria; Starch; Cyanide; Bioremediation.

Introducción

La mandioca (*Manihot esculenta*) es una planta nativa de Sudamérica cuyo tubérculo posee un elevado valor nutricional, siendo una importante fuente de carbohidratos [1]. En la provincia de Misiones, el cultivo de mandioca aporta un 70% de la producción a nivel nacional, siendo su principal destino el consumo fresco [2]. Sin embargo, un 25% de esta producción se utiliza para la obtención de

fécula de mandioca destinada a la industria alimenticia, textil y papelería [3]. La fécula es obtenida a través de un proceso industrial que genera residuos sólidos y líquidos. Los principales residuos sólidos son la cáscara, una pequeña proporción de harina y un material fibroso denominado bagazo compuesto por un 30-40% de almidón que puede ser utilizado en procesos microbiológicos para la obtención de productos de valor [4]. Por otro lado, los residuos líquidos contienen agua, almidón, fibra, minerales y compuestos

cianogénicos. La descarga directa de estos efluentes en una corriente de agua produce una caída muy importante en el oxígeno disuelto debido a la presencia de materia orgánica en exceso [5]. Por otra parte, uno de los componentes de estos residuos es un glucósido denominado linamarina cuya hidrólisis da como resultado glucosa, acetona y ácido cianhídrico que es altamente tóxico [6] por lo que la eliminación de los efluentes sin tratamiento pone en riesgo los ecosistemas acuáticos y la salud humana. Normalmente, las fábricas de fécula procesan sus efluentes utilizando lagunas de decantación como un paso que favorece la degradación aeróbica de los compuestos orgánicos. En la actualidad, la incorporación de un proceso adicional de tratamiento anaeróbico permite la producción de biogas a partir de esos efluentes y logra minimizar la toxicidad de ácido cianhídrico [7].

Una alternativa para el tratamiento de efluentes industriales es la biorremediación biológica. Este proceso se puede llevar a cabo mediante dos estrategias: la bioestimulación y la bioaumentación [8]. La primera, consiste en la adición de componentes que mejoren la actividad metabólica de los microorganismos presentes en el sitio contaminado, mientras que en la segunda se incorporan bacterias que sean capaces de eliminar ciertos compuestos tóxicos [8]. En ambos casos se presenta como desafío la prevalencia de los microorganismos cuya actividad fisiológica sea la indicada para el proceso de remediación. Por este motivo, es necesario conocer la diversidad de microorganismos presente en los efluentes para establecer las capacidades metabólicas *in situ*, ya sea para mejorar el proceso de bioestimulación o para seleccionar aquellos que serán reintroducidos a mayor escala en el ambiente contaminado [8]. Varios estudios han demostrado que existen bacterias y hongos que pueden metabolizar el cianuro como única fuente de nitrógeno y carbono para originar productos finales no tóxicos, tanto en ambientes aerobios como anaerobios, incluyendo *Bacillus punillus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas paucimobii*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, *Leptosphaeria maculans*, *Fusarium oxysporum*, *Burkholderia cepacia*, *Trichoderma* sp., *Klebsiella oxytoca*, *Escherichia coli* y *Azotobacter vinelandii* [9]. Por otro lado, además de compuestos cianogénicos, los residuos en los efluentes contienen un 55-60% de almidón que permanece inseparable de las fibras de celulosa [10] y que podría actuar estimulando la producción de amilasas bacterianas [11, 12].

Dada la importancia de los microorganismos en los procesos de reducción de la carga orgánica en los efluentes de la industria almidonera, se plantea como objetivo de este trabajo el aislamiento y caracterización de bacterias con potencial para la degradación de compuestos cianogénicos, asimilación de cianuro y producción de amilasas, que podrían ser utilizadas en procesos de biorremediación.

Materiales y Métodos

Muestras de efluentes

Las muestras de efluentes provenían de una planta industrial almidonera local. Las mismas fueron colectadas en botellas de plástico de 500 mL, mantenidas en frío y procesadas dentro de las 24 hs.

Aislamiento de microorganismos

Para el aislamiento de las bacterias se utilizó un medio mínimo con la siguiente composición: 1 g.L⁻¹ K₂HPO₄·2H₂O, 0.2 g.L⁻¹ MgSO₄·7H₂O, 0.01 g.L⁻¹ CaCl₂·H₂O, 0.01 g.L⁻¹ NaCl, 0.2 g.L⁻¹ MnSO₄·4H₂O, 0.2 g.L⁻¹ CuSO₄ y 0.2 g.L⁻¹ ZnSO₄·7H₂O. Este medio fue suplementado con fécula de mandioca comercial (Medio Mínimo con Fécula de Mandioca, MMFM) o bagazo de mandioca provista por la almidonera (Medio Mínimo con Bagazo de Mandioca, MMBM) a una concentración de 2 g.L⁻¹. Ambos medios fueron esterilizados en autoclave a 121°C por 15 min a 1 atm. de presión. Luego, a cada uno se adicionó 10 mL de muestra y se incubó con agitación 150 rpm a 30°C por 24 h. Los cultivos fueron realizados por triplicado.

Una alícuota de la muestra fue también cultivada en medio Luria-Bertani (LB). Para ello, se utilizó 70 mL de la muestra del efluente y 30 mL de LB líquido, luego de 24 h se tomaron 50 mL de ese cultivo y se adicionaron a 50 mL de LB. Finalmente se adicionaron 30 mL del cultivo anterior a 70 mL de LB. Los cultivos se incubaron por 24 h a 30°C a 150 rpm.

La selección de las bacterias fue realizada por agotamiento de estría en medio sólido. Para el aislamiento, se realizaron diluciones seriadas 1:10 de cada uno de los cultivos en agua destilada estéril y se inocularon 0.1 mL en placas de Agar nutritivo (Britania) conteniendo Carben-dazim como antifúngico (0.5 g.L⁻¹) para la obtención de colonias aisladas. Éstas fueron incubadas por 24 h a 28°C y 37°C. Los aislamientos se conservaron en LB con glicerol (10 %, v/v) a -20°C.

Selección de cepas amilolíticas

Las colonias de los microorganismos aislados previamente fueron inoculadas en placas de Petri divididas en cuadrantes conteniendo agar (12 g.L⁻¹) con almidón soluble (10 g.L⁻¹) a pH 7,0 y pH 5,1. Se inocularon por punción entre 22 a 24 aislamientos por placa y se incubaron a 28°C y 37°C durante 72 h. Se realizaron dos repeticiones del ensayo con duplicados de cada placa. Posteriormente, cada placa fue cubierta con solución de iodo 1% (p/v) durante 5 min y se seleccionaron los aislamientos cuyas colonias presentaron un halo de clarificación alrededor de las mismas indicando la hidrólisis del almidón.

Caracterización morfológica y fisiológica de cepas amilolíticas

La caracterización macroscópica de los microorganismos aislados y seleccionados se realizó mediante los parámetros: forma, tamaño, elevación, margen, color, superficie, densidad y consistencia de las colonias desarrolladas en placas de Petri conteniendo Agar nutritivo (Britania). Para la identificación microscópica se llevó a cabo la tinción diferencial de Gram de cada aislado.

Para la prueba bioquímica convencional de la catalasa [13], sobre un portaobjetos se suspendió una pequeña cantidad de cultivo de bacteria con ansa ojal y con ayuda de una pipeta Pasteur se colocó una gota de agua oxigenada (10v), seguidamente, y según la detección de formación de burbujas, se clasificaron como catalasas positivas o negativas.

Identificación molecular

La extracción de ADN se realizó según la técnica descrita por Hoffman y Winston [14]. Se utilizó la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para amplificar un fragmento de ~1500 nt (nucleótidos), la región del DNA que codifica para el rRNA 16S, utilizando los cebadores sentido y antisentido, 27F y 1492R [15]. Los fragmentos amplificados se observaron mediante electroforesis en gel de agarosa, utilizando 4 µL de producto amplificado y 2 µL de solución Gel Red (Promega). La corrida electroforética se realizó a 110 V por 30 minutos en solución de tampón TBE 0.5% (10 mM Tris-HCl, 10 mM ácido bórico, 1 mM EDTA). Los geles se observaron bajo luz UV.

Las secuencias obtenidas fueron alineadas utilizando ClustalW junto a secuencias del mismo género o similares disponibles en la base de datos *National Center for Biotechnology Information* (NCBI, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). El análisis filogenético fue inferido por el método *Neighbor-Joining* y las distancias evolutivas se calcularon utilizando el método de máxima verosimilitud compuesta con un soporte estadístico (*Bootstrap*) de 2000 réplicas para la construcción de árboles filogenéticos mediante el software MEGA X [16].

Crecimiento de cepas amilolíticas

Para determinar la tasa de crecimiento de los aislamientos que mostraron actividad amilolítica, se procedió a cultivarlas en tres medios: (i) medio mínimo con fécula de mandioca 1% p/v, (ii) medio LB y (iii) medio LB con almidón soluble 1% p/v.

Se prepararon preinóculos con una ansada proveniente de una placa en 10 mL del medio correspondiente que fueron incubados a 28°C, con 200 rpm de agitación durante 24 h. Luego de ese período, se tomó una alícuota de 1 mL, se diluyó 1:100 y se midió la absorbancia a 600 nm. Se

realizó el cálculo correspondiente para determinar el volumen de preinóculo necesario para iniciar un cultivo con una absorbancia de 0.2. Estos cultivos fueron incubados a 28°C con agitación (200 rpm). Para realizar la curva de crecimiento se midió la absorbancia cada 1 h a partir de 1 mL de muestras. Luego de las 3 h de iniciada la curva las muestras fueron diluidas 1:100.

Selección de cepas cianogénicas

Los aislados bacterianos seleccionados por su actividad amilolítica fueron inoculados por el método de punción en placas que contenían medio mínimo agarizado suplementado con glucosa al 1% y cianuro en distintas concentraciones (5 mM, 10 mM, 20 mM y 30 mM). Las placas fueron incubadas en estufa a 37°C por 24 h.

Resultados y discusión

A partir de las muestras de efluente se realizaron 93 aislamientos bacterianos por agotamiento de estría en medio sólido. Utilizando el medio MMBM se aislaron 28 cepas a 28°C y 25 cepas a 37°C. Con el medio de MMFM se aislaron 9 y 12 cepas a 28°C y 37°C, respectivamente. Finalmente, en medio LB se aislaron 10 cepas a 28°C, mientras que a 37°C, se obtuvieron 11 aislamientos. Cada aislado fue nombrado mediante las siglas BAM (Bacterias Amilolíticas Misiones) y enumeradas (1-93). El número de aislamientos obtenidos en este trabajo puede relacionarse con la elevada carga de material orgánico presente en el efluente, lo que favorece el crecimiento bacteriano. En trabajos previos de análisis de comunidades bacterianas en efluentes de mandioca, se ha reportado que la carga bacteriana es alta, lo que indica una gran diversidad de microorganismos [17, 18].

En la determinación cualitativa de la actividad amilolítica (Tabla 1), se ha observado que cuando las bacterias crecieron a 28°C y 37°C, tanto a pH 5 como a pH 7, el aislamiento BAM023 siempre se formó un halo de clarificación (Figura 1).

Tabla 1: Determinación cualitativa de actividad amilolítica. Condiciones de pH y temperatura en las que los aislados formaron halos de clarificación por producción de amilasas.

pH	Temperatura	
	28°C	37°C
5,1	BAM023 BAM028 BAM077	BAM023 BAM028 BAM077
7,0	BAM023 BAM028 BAM077	BAM023 BAM005 BAM020

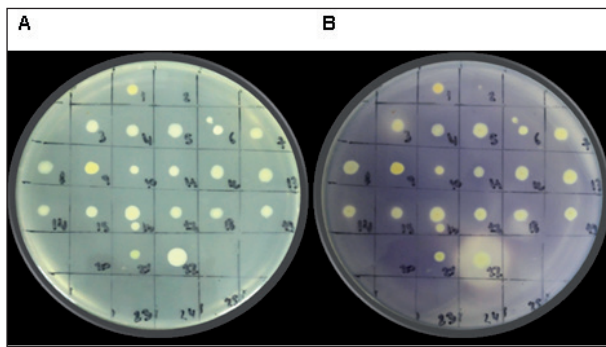


Figura 1: Determinación de actividad amilolítica. La actividad fue revelada mediante tinción con solución de yodo 1% a pH 7 y 37°C. A) Placa inoculada sin tinción. B) Placa con tinción que presenta un pequeño halo de clarificación alrededor de la colonia desarrollada en el cuadrante 3 (BAM005), cuadrante 18 (BAM020) y un halo de mayor tamaño en cuadrante 22 (BAM023).

Si bien la proporción de aislamientos positivos para la actividad amilolítica es relativamente baja (5% del total verificados) hay que tener en cuenta que las condiciones de cultivo, como la temperatura y el pH, así también como la presencia de azúcares simples y fuentes de nitrógeno, pueden afectar la producción y actividad de las enzimas amilolíticas, [19].

Las características morfológicas de las 15 cepas observadas *in vivo* así como los resultados para la prueba bioquímica de la catalasa se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2: Características morfológicas de los aislados bacterianos crecidos en placas de Petri con agar nutritivo, clasificación según tinción de GRAM y actividad catalasa.

Colonia	Aspecto macroscópico	Catalasas	Tinción GRAM
BAM 003	Crecimiento en césped, aspecto traslúcido. El medio, inicialmente de color miel, tornó a verde amarillado.	+	Bacilos GRAM (-)
BAM 004	Crecimiento en césped, aspecto traslúcido. El medio, inicialmente de color miel, tornó a verde.	+	Bacilos GRAM (-)
BAM 005	Colonias redondas de superficie lisa y aspecto cremoso, color manteca. Tamaño mediano.	+	Cocobacilos GRAM (+)
BAM 020	Colonias redondas y superficie lisa, bordes más claros que el centro y de coloración blancuzca pálida.	+	Bacilos GRAM (-)
BAM021	Colonias redondas y superficie lisa, coloración blancuzca pálida.	+	Cocobacilos GRAM (+)
BAM 023	Colonias redondas y pequeñas, superficie lisa y aspecto cremoso de coloración blancuzca pálida.	+	Cocobacilos GRAM (+)
BAM 028	Colonias redondas, de superficie lisa y aspecto cremoso de color manteca.	+	Cocobacilos GRAM (-)
BAM 073	Crecimiento en césped, aspecto traslúcido.	+	Cocobacilos GRAM (-)
BAM 074	Crecimiento en césped, aspecto traslúcido.	+	Bacilos GRAM (-)
BAM 075	Crecimiento en césped, aspecto traslúcido.	+	Cocos GRAM (-)
BAM 076	Crecimiento en césped, aspecto traslúcido.	+	Bacilos GRAM (-)
BAM 077	Colonias redondas de superficie lisa, aspecto cremoso de coloración blanca.	+	Cocobacilos GRAM (-)
BAM 078	Crecimiento en césped, aspecto traslúcido.	+	Cocobacilos GRAM (-)
BAM 081	Crecimiento en césped, aspecto traslúcido.	+	Bacilos GRAM (-)
BAM 083	Crecimiento en césped, aspecto traslúcido.	+	Cocobacilos GRAM (-)
BAM 089	Crecimiento en césped, aspecto traslúcido.	+	Cocobacilos GRAM (-)

Junto a los 5 aislamientos que mostraron actividad amilolítica, fueron seleccionados otros 10 aislados: BAM003, BAM004, BAM073, BAM074, BAM075, BAM076, BAM078, BAM081, BAM083, BAM089, que no dieron un resultado concluyente en la prueba cualitativa de degradación de almidón, pero fueron capaces de crecer cubriendo toda la superficie de la placa de Petri, indicando que podrían tener la capacidad de utilizar almidón de mandioca como nutriente.

La identificación molecular de las cepas seleccionadas se realizó mediante la secuenciación del 16S rDNA amplificado por PCR y por comparación de las secuencias obtenidas con la base de datos del NCBI. Se lograron identificar a 6 de los 15 aislamientos preseleccionados como pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Acinetobacter* y *Proteus*.

Para dar un mayor soporte a la identificación taxonómica obtenida previamente se construyó un árbol filogenético (Figura 2) mediante un análisis de distancias utilizando el método *Neighbor-Joining* [20] disponible en el programa Mega X [16]. El análisis involucró 26 secuencias nucleotídicas de regiones ADNr 16S correspondiente a los aislados en estudio y algunas de las presentes en la base de datos.

En el árbol construido (Figura 2), las cepas BAM003, BAM004 y BAM028 han sido agrupadas con aquellas pertenecientes al género *Pseudomonas* de la familia Pseudomonadaceae con un soporte del 100%. La cepa BAM003 mostró una agrupación consistente y con soporte del 100% con *Pseudomonas aeruginosa* (NR_117678.1), mientras que BAM028 se ha agrupado con soporte del 99% con secuencias pertenecientes a *Pseudomonas putida* (NR_114479.1). Las secuencias de las cepas BAM074 y BAM081 se agruparon con aquellas pertenecientes al género *Proteus*, familia Enterobacteriaceae y con un grupo más pequeño de secuencias de *Proteus mirabilis* con un soporte mayor al 90%. Por último, BAM020 ha sido agrupada dentro de las Acinobacterias de la familia Moraxellaceae.

Estos resultados coinciden con trabajos anteriores donde se ha reportado el aislamiento de bacterias como *Proteus* y *Pseudomonas* a partir de muestras tomadas en el punto de descarga de aguas residuales de mandioca [21-23]. Adicionalmente, se considera que *Pseudomonas* posee un gran potencial de biorremediación cuando forman consorcios con otras especies bacterianas [17]. Bacterias del género *Acinetobacter* que incluye especies patogénicas y no patogénicas [24], son abundantes en ambientes naturales [25], también han sido aisladas a partir de muestras de efluentes de fábricas de almidón de mandioca y evaluadas por su eficacia en la degradación de almidón y producción de biohidrógeno [26].

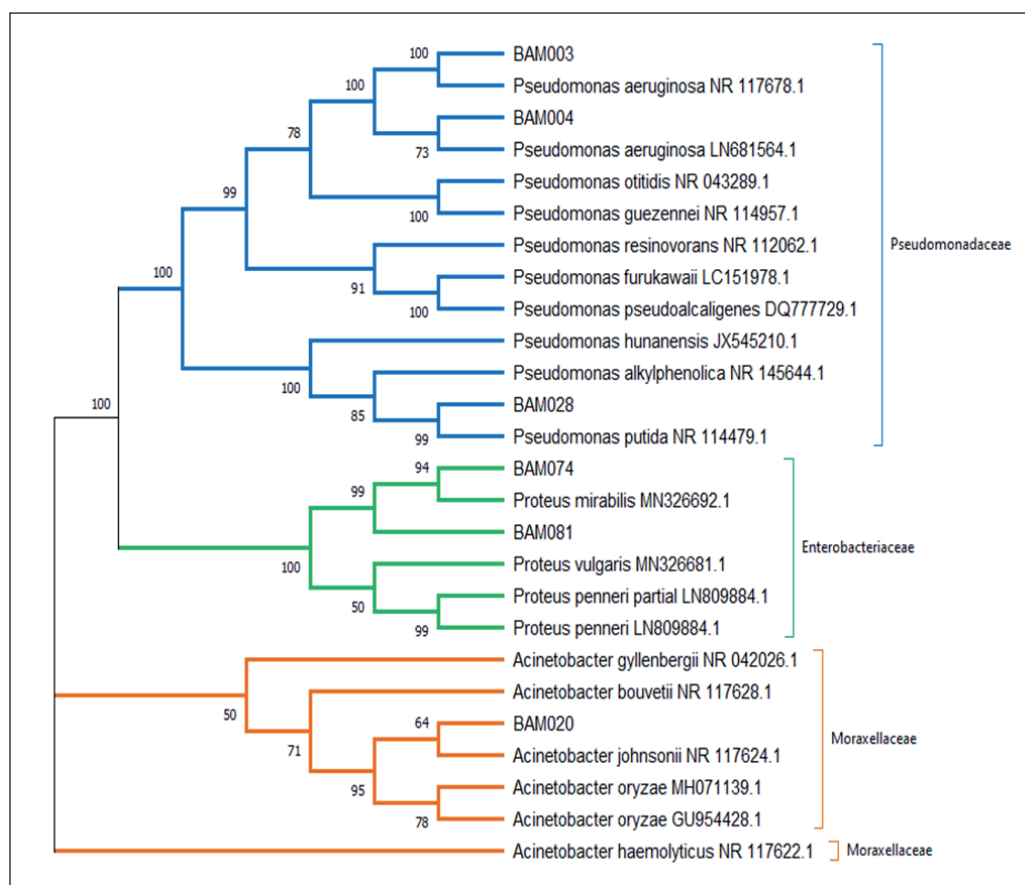
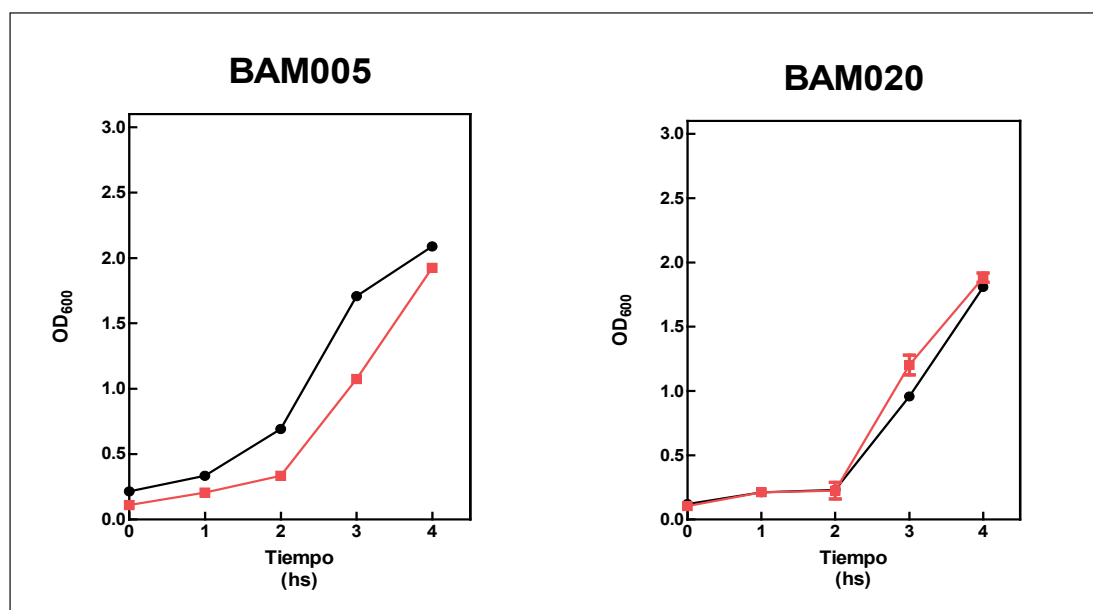


Figura 2: Relaciones filogenéticas entre las secuencias 16S rDNA. El árbol fue construido utilizando el método *Neighbor-Joining*. El árbol consenso se obtuvo a partir de 2000 réplicas y las distancias fueron computadas utilizando el método Máxima Verosimilitud Compuesta.

A continuación, se realizó una evaluación del crecimiento de las cepas identificadas como amilolíticas en el ensayo cualitativo. Utilizando medio mínimo suplementado con fécula de mandioca, las bacterias no superaron la fase de adaptación de crecimiento; en cambio, las cepas ensayadas mostraron un crecimiento eficiente con medio LB con 1%

de almidón soluble (Figura 3), la cepa BAM077 mostró mejor desempeño cuando creció en medio suplementado con almidón, mientras que la cepa BAM005, fue la única que mostró un crecimiento más eficiente cuando creció en medio LB sin la presencia de almidón.



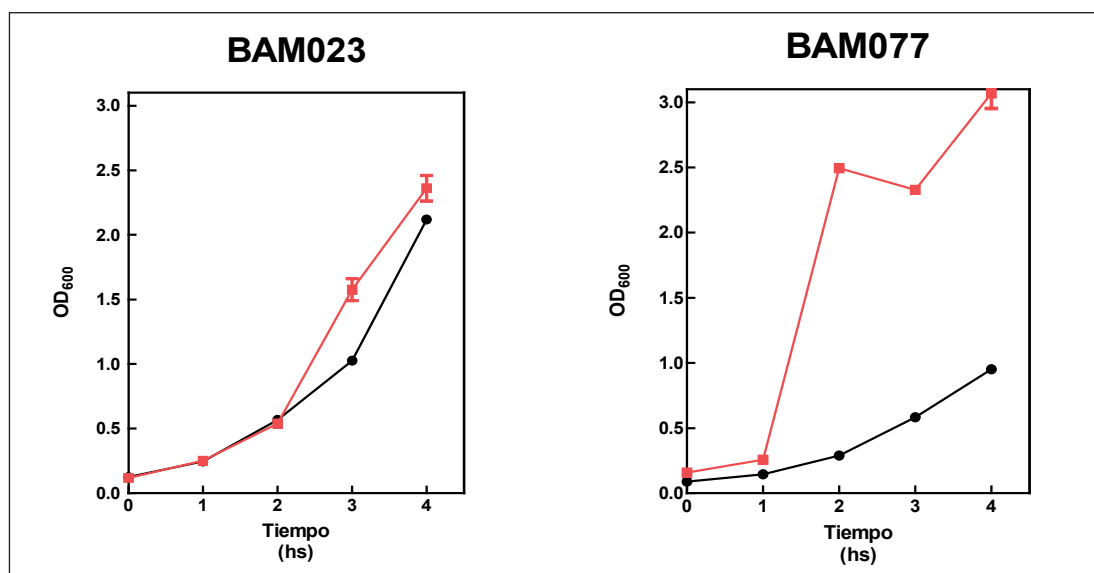


Figura 3: Curvas de crecimiento. Las bacterias seleccionadas crecieron en medio LB (línea negra) o medio LB suplementado con 1% de almidón (línea roja). A intervalos de 1 hr se midió la densidad óptica a 600nm.

Finalmente, las 15 cepas seleccionadas inicialmente fueron incubadas durante 24 h a 37°C, en las placas con concentraciones crecientes de cianuro. Se visualizaron pequeñas colonias redondas de coloración celeste fluorescente con una tolerancia de hasta 20mM de cianuro en las inoculaciones realizadas en las posiciones 1, 2 y 7 (Figura 4), correspondientes a las cepas BAM003, BAM004 y BAM028. Ciertos microorganismos son capaces de utilizar cianuro y sus derivados como única fuente de carbono y nitrógeno, empleando una variedad de rutas para su descomposición [27, 28]. Sin embargo, en ocasiones, la toxicidad del cianuro restringe su uso como fuente primaria de carbono y, dado que la cantidad de nitrógeno necesaria para el crecimiento es menor que la de carbono, podría ser más fácil utilizarlo como fuente de nitrógeno en presencia de otra fuente de carbono como la glucosa. En nuestro ensayo, las cepas que crecieron en medio con cianuro pertenecen al género *Pseudomonas*, por lo que se presume que podrían ser capaces de utilizarlo como fuente de nitrógeno para su crecimiento. Se ha demostrado que cepas de *Pseudomonas putida* aisladas a partir de aguas residuales de una fábrica de mandioca han presentado tolerancia y capacidad de crecer en concentraciones de cianuro por encima de 5mM, incrementando la tasa de eliminación en presencia de glucosa como fuente de carbono, con la formación de amoníaco y formiato como productos metabólicos finales sugiriendo una vía hidrolítica [29].

En otras investigaciones se ha demostrado la capacidad de *Pseudomonas aeruginosa* en la biodegradación de cianuro libre bajo condiciones alcalinas [30], por lo que su presencia y aislamiento a partir de muestras de efluentes industriales en el presente trabajo podría sugerir su potencial como biorremediador de estas aguas residuales.

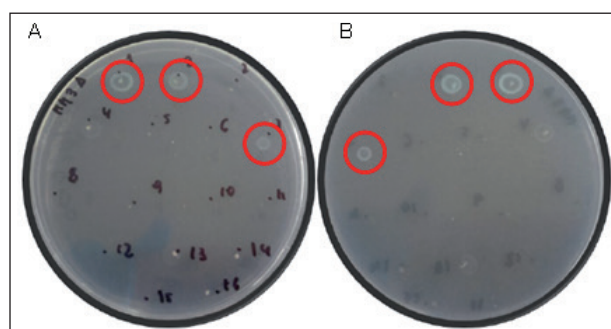


Figura 4: Tolerancia a cianuro. Crecimiento en medio mínimo con agar suplementado con glucosa 1% y cianuro 20 mM de colonias redondas con bordes de coloración celeste fluorescente en posiciones 1, 2 y 7 correspondientes a las cepas BAM003, BAM004 y BAM028, respectivamente. (A) Reverso de la placa. (B) Anverso de la placa.

Conclusiones

La cepa BAM028 identificada como perteneciente al género *Pseudomonas* y cercana a la especie *Pseudomonas putida*, posee tanto la capacidad de degradar almidón como la de crecer en medio que contiene cianuro utilizándolo como fuente de nitrógeno. Dos de las cepas que crecen en forma de césped en las placas suplementadas con almidón, BAM003 y BAM004, cercanas a la especie *Pseudomonas aeruginosa*, no evidenciaron cualitativamente la capacidad de degradar almidón, pero sí pudieron crecer en presencia de cianuro.

Este estudio contribuye al conocimiento de la variedad de microorganismos que pueden ser aislados de efluentes de almidoneras industriales de la Provincia de Misiones y su potencial para ser utilizadas en la degradación de almidón y compuestos de cianuro como parte de una estrategia de biorremediación.

Conflicto de Interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de la planta industrial Almidonera AG. Este proyecto fue financiado por la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones (Proyecto de Investigación 16/Q650 PI).

Referencias bibliográficas

1. J. A. Montagnac, C. R. Davis, and S. A. Tanumihardjo, "Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement", *Compr Rev Food Sci Food Saf*, vol. 8, pp. 181-194, 2009.
2. E. Corradini and M. Lazzaro, "Mandioca, planificación y calidad", *Revista Alimentos Argentinos*, vol. 66, pp. 78, 2015.
3. M. Lázaro, E. Corradini, A. M. Cherasco, and F. De Haro, "Informe Proyecto De Asistencia Integral Para El Agregado De Valor En Agroalimentos (PROCAL)". 2015.
4. A. S. Sánchez, Y. L. Silva, R. A. Kalid, E. Cohim, and E. A. Torres, "Waste bio-refineries for the cassava starch industry: New trends and review of alternatives", *Renew Sust Energ Rev*, vol. 73, pp. 1265-1275, 2017.
5. L. Sun, S. Wan, Z. Yu, Y. Wang, and S. Wang, "Anaerobic biological treatment of high strength cassava starch wastewater in a new type up-flow multistage anaerobic reactor", *Biores Tech*, vol. 104, pp. 280-288, 2012.
6. A. Fukushima, M. A. Nicoletti, A. J. Rodrigues, C. Pressutti, J. Almeida, T. Brandão, R. K. Ito, L. A. B. Leoni, and H. D. S. Spinosa, "Cassava flour: quantification of cyanide content", *Food Nutr Sci*, vol. 7, pp. 592, 2016.
7. M. Sharma, Y. Akhter, and S. Chatterjee, "A review on remediation of cyanide containing industrial wastes using biological systems with special reference to enzymatic degradation", *World J Microb Biotech*, vol. 35, pp. 70, 2019.
8. S. Kuppusamy, K. Venkateswarlu, M. Megharaj, N. Vasudevan, and Y. B. Lee, "Biostimulation and Bioaugmentation: Modern Strategies for the Successful Bioremediation of Contaminated Environments", in *The Handbook of Environmental Remediation*, 2020, pp. 299-330.
9. R. Kumar, S. Saha, S. Dhaka, M. B. Kurade, C. U. Kang, S. H. Baek, and B.-H. Jeon, "Remediation of cyanide-contaminated environments through microbes and plants: a review of current knowledge and future perspectives", *Geosys Eng*, vol. 20, pp. 28-40, 2017.
10. M. P. D. Nair, G. Padmaja, and S. N. Moorthy, "Biodegradation of cassava starch factory residue using a combination of cellulases, xylanases and hemicellulases", *Biomass Bioenerg*, vol. 35, pp. 1211-1218, 2011.
11. S. E. Agarry and C. N. Owabor, "Evaluation of microbial systems for biotreatment of cassava mill waste water in Nigeria: biodegradation of cyanide", *Int J Environ Eng*, vol. 4, pp. 315-323, 2012.
12. S. Kandasamy, B. Dananjeyan, and K. Krishnamurthy, "Biodegradation of cyanide and starch by individual bacterial strains and mixed bacterial consortium isolated from cassava sago wastewater", *Res J Chem Environ*, vol. 18, pp. 13-18, 2014.
13. E. W. Koneman and S. Allen, *Diagnóstico Microbiológico: Texto y Atlas En Color*. Ed. Médica Panamericana, 2008.
14. C. S. Hoffman and F. Winston, "A ten-minute DNA preparation from yeast efficiently releases autonomous plasmids for transformation of *Escherichia coli*", *Gene*, vol. 57, pp. 267-272, 1987.
15. D. J. Lane, "16S/23S rRNA sequencing," in *Nucleic acid techniques in bacterial systematics*, 1991, pp. 115-175.
16. S. Kumar, G. Stecher, M. Li, C. Knyaz, and K. Tamura, "MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms", *Mol Biol Evol*, vol. 35, pp. 1547-1549, 2018.
17. K. E. Enerijiofi, F. O. Ekhaize, and I. E. Ekomabasi, "Biodegradation potentials of cassava mill effluent (CME) by indigenous microorganisms", *J Appl Sci Env Manag*, vol. 21, pp. 1029-1034, 2017.
18. J. A. Amao, M. Barooah, and P. F. Omojola, "Comparative 16S rDNA metagenomics study of two samples of cassava peel heap from Nigeria and India", *3 Biotech*, vol. 9, pp. 418, 2019.
19. M. A. Naidu and P. Saranraj, "Bacterial amylase: a review", *Int J Pharm Biol Arch*, vol. 4, pp. 274-287, 2013.
20. N. Saitou and M. Nei, "The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic tree", *Mol Biol Evol*, vol. 4, pp. 406-425, 1987.
21. S. C. Izah, E. B. Enaregha, and J. O. Epidi, "Changes in in-situ water characteristics of cassava wastewater due to the activities of indigenous microorganisms", *MOJ Toxicol*, vol. 5, pp. 78-81, 2019.
22. M. Omotoma, G. O. Mbah, I. J. Akpan, and O. B. Ibezim, "Impact assessment of cassava effluents on barika stream in Ibadan, Nigeria", *Int J Environ Sci Managem Eng Res*, vol. 2, pp. 50-56, 2013.
23. R. N. Okechi, C. E. Ihejirika, N. A. Chiegboka, E. I. Chukwura, and I. J. Ibe, "Evaluation of the effects of cassava mill effluent on the microbial populations and physicochemical parameters at different soil depths", *Int J Biosci*, vol. 2, pp. 139-45, 2012.
24. V. de Berardinis, M. Durot, J. Weissenbach, and M. Salanoubat, "Acinetobacter baylyi ADP1 as a model for metabolic system biology," *Curr Op Microbiol*, vol. 12, pp. 568-576, 2009.
25. A. Al Atrouni, M.-L. Joly-Guillou, M. Hamze, and M. Kempf, "Reservoirs of non-baumannii *Acinetobacter* species", *Frontiers Microbiol*, vol. 7, pp. 49, 2016.

26. L. Ayoub, "Biohydrogen generation by dark fermentation of starch using bacteria isolated from tapioca wastewater", in Faculty Sciences. Malasya: University of Technology 2018.
27. N. V. Grigor'eva, T. F. Kondrat'eva, E. N. Krasil'nikova, and G. I. Karavaiko, "Mechanism of cyanide and thiocyanate decomposition by an association of *Pseudomonas putida* and *Pseudomonas stutzeri* strains", Microbiol, vol. 75, pp. 266-273, 2006.
28. K. D. Chapatwala, G. R. V. Babu, O. K. Vijaya, K. P. Kumar, and J. H. Wolfram, "Biodegradation of cyanides, cyanates and thiocyanates to ammonia and carbon dioxide by immobilized cells of *Pseudomonas putida*", J Ind Microbiol Biotech, vol. 20, pp. 28-33, 1998.
29. S. Kandasamy, B. Dananjeyan, K. Krishnamurthy, and G. Benckiser, "Aerobic cyanide degradation by bacterial isolates from cassava factory wastewater", Brazilian J Microbiol, vol. 46, pp. 659-666, 2015.
30. L. Mekuto, S. K. O. Ntwampe, M. Kena, M. T. Golela, and O. S. Amodu, "Free cyanide and thiocyanate biodegradation by *Pseudomonas aeruginosa* STK 03 capable of heterotrophic nitrification under alkaline conditions", 3 Biotech, vol. 6, pp. 6, 2016.

RECYT

Año 23 / N° 35 / 2021 / 14–21

Análisis sensorial de mate frío (tereré) de jugo artificial sabor naranja mediante estadística de supervivencia

Sensory analysis of cold mate (tereré) with artificial orange juice using survival statistics

Emiliano R. Neis*, Mónica M. Covinich, Griselda P. Scipioni

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN), Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.

*E-mail: emilianoneis@fceqyn.unam.edu.ar

Recibido: 11/08/2020; Aprobado 02/02/2021

Resumen

Se realizó un ensayo de aceptabilidad sensorial para determinar la concentración óptima de jugo para preparar mate frío o *tereré* y un análisis descriptivo para estudiar la variación de la intensidad de cuatro descriptores seleccionados durante el consumo del *tereré*. Los resultados del análisis descriptivo fueron correlacionados con los valores de sólidos solubles obtenidos mediante la simulación del consumo del mate frío. Para la determinación de la concentración óptima de jugo se realizó un ensayo de aceptabilidad con consumidores, y los datos fueron analizados con herramientas de estadística de supervivencia. La concentración óptima de jugo fue de $6,38 \pm 0,62$ g/L, que corresponde a un 22,87% de consumidores que rechazan la muestra. El ensayo descriptivo indicó que en los primeros *tererés* predomina el sabor del jugo y que posteriormente el sabor a yerba mate se intensifica gradualmente. Los coeficientes de correlación lineal entre los puntajes asignados a los descriptores sensoriales y las concentraciones de sólidos solubles de la simulación del consumo del mate sugieren que deben realizarse otros análisis representativos de la muestra a fin de establecer correlaciones más significativas.

Palabras clave: Mate frío; Yerba mate; Jugo artificial; Análisis sensorial; Estadística de supervivencia.

Abstract

A sensory acceptance test to determine the optimum concentration of artificial orange juice to prepare cold mate or *tereré* was performed, and a descriptive analysis to study the variation of four selected descriptors during *tereré* consumption was done. The results of the descriptive analysis were correlated with soluble solids values of a simulated cold mate consumption. Optimum juice concentration was determined by an acceptability test, and data were analyzed with survival statistics tools. The optimum concentration was 6.38 ± 0.62 g/L, which matches to 22.87% of consumers rejecting the sample. The descriptive test indicated that, in the first *tereré*, the juice descriptors prevailed, and the yerba mate descriptors gradually intensified with successive *tererés*. Linear correlation coefficients found between sensory descriptors scores and soluble solids concentrations in the simulated consumption suggest that other representative determinations should be done to find more significant correlations.

Keywords: Cold mate; Yerba mate; Artificial juice; Sensory analysis; Survival statistics.

Introducción

La Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) es una planta cuyo uso tradicional es la preparación de infusiones, de amplio consumo en Argentina, Paraguay, Uruguay y el sur de Brasil [1]. El consumo interno de yerba mate en la Argentina durante el año 2019 fue de más de 277 millones de kilogramos [2]. El procesamiento industrial de este cultivo incluye etapas de cosecha, zapeado, secado, molienda y estacionamiento. En los países productores se emplean distintas variaciones del proceso de producción, lo que resulta en productos con propiedades

organolépticas diferenciadas [3]–[5]. El consumo de yerba mate ha sido asociado con varios efectos benéficos sobre la salud, debido a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antiobesidad y cardioprotectoras; lo que ha sido atribuido a la presencia de metabolitos secundarios como metilxantinas, polifenoles y saponinas [6], [7].

La yerba mate se consume como mate caliente tradicional, infusión en saquitos o mate cocido, y mate frío o *tereré*. El mate caliente se consume colocando yerba mate en un recipiente, y luego agregando alícuotas de agua a $70 - 85^{\circ}\text{C}$. Cada alícuota es vertida sobre la misma yerba mate y luego bebida con una bombilla, constituyendo una

cebada. El mate frío o *tereré* se consume de la misma manera, utilizando agua fría (4 – 8°C). Finalmente, el mate cocido se prepara de forma similar al té [8], [9]. En el mercado existen yerbas con diferentes proporciones de hojas y palos, agregado de endulzantes, saborizantes y hierbas [10], [11].

Si bien el *tereré* se consume tradicionalmente con agua fría, también puede ser preparado utilizando jugos [12]. En la provincia de Misiones se emplean jugos naturales de frutas cítricas, aguas saborizadas y polvos para preparar bebidas saborizadas. Una particularidad de estos jugos en polvo es que la concentración con la que se preparan depende de la preferencia del consumidor. Para estimar la concentración de jugo preferida por los consumidores para la preparación del *tereré* pueden utilizarse los métodos de análisis de supervivencia.

El análisis de supervivencia estudia el tiempo hasta que ocurre un evento específico, llamado tiempo de supervivencia, teniendo en cuenta la presencia de datos censurados [13]. El fenómeno de censura se relaciona con la incertidumbre en la determinación del tiempo de un evento que, en muchos casos, no puede ser observado exactamente. Los métodos de análisis de supervivencia han sido utilizados en estudios clínicos, en epidemiología, en sociología, entre otros [14]. En ciencia de alimentos, los métodos de análisis de supervivencia han sido empleados para determinar la vida útil de un alimento, donde el evento de interés es el tiempo de almacenamiento; aunque también han sido utilizados para determinar la concentración óptima de un ingrediente en un alimento [15], [17].

Las infusiones de yerba mate poseen sabor amargo característico, atribuido al contenido de metilxantinas (principalmente cafeína), compuestos polifenólicos, saponinas y taninos [4], [18]. Sin embargo, en cualquiera de las formas de consumo de la yerba mate, las infusiones pueden ser preparadas con el agregado de azúcar y otros edulcorantes y/o saborizantes [8], [11]; modificando la percepción del sabor amargo de la infusión. Por otra parte, varios autores han utilizado métodos que simulan el consumo de infusiones de yerba mate, y han encontrado que la composición de las mismas varía con las distintas cebadas [11], [19], [20]. Es de esperar que la variación de la composición de la infusión tenga influencia en el sabor de las mismas.

El análisis sensorial descriptivo es realizado por un grupo pequeño de panelistas, que proporcionan puntuaciones para un conjunto de atributos seleccionados [21]. Permite obtener una descripción sensorial completa de un producto, y establecer qué atributos son determinantes en la aceptación de un alimento [8]. Al momento, los autores no tienen conocimiento de otros trabajos realizados en análisis sensorial de *tereré*. El objetivo de este trabajo fue determinar la concentración de polvo para preparar jugo artificial sabor naranja preferida por los consumidores para la preparación de *tereré*, y determinar la variación de

la intensidad de descriptores seleccionados de la misma bebida en función del número de cebada.

Materiales y Métodos

Determinación de la concentración óptima de jugo

Análisis sensorial

Se realizó un ensayo de aceptabilidad con 32 consumidores habituales de *tereré* (varones y mujeres de entre 22 y 60 años). Los participantes fueron reclutados de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones, siendo considerados aquellos que consumían *tereré* por lo menos dos veces por semana en los meses de verano. Se empleó la modalidad *home use test*, que permite garantizar las condiciones habituales de consumo de un alimento y tiene en cuenta la influencia de los efectos de preparación y consumo del producto, obteniendo de este modo datos más realistas [22], [23]. Cada consumidor recibió una planilla con instrucciones y cuatro paquetes codificados con números aleatorios de tres cifras. Cada paquete contenía una muestra de jugo en polvo, una muestra de yerba mate y una planilla con información del ensayo.

Se utilizó polvo para preparar jugo artificial sabor naranja, comercializado en sobres de 8 g cada uno, destinados a preparar un litro de jugo según las instrucciones del fabricante. A partir de conversaciones previas con consumidores habituales del producto se pudo inferir que la mayoría de ellos consume el jugo utilizando diluciones menores. Se ensayaron un total de cuatro concentraciones de jugo: 4, 6, 8 y 10 g/L. Cada consumidor recibió cuatro sobres con cantidad suficiente de polvo para preparar 500 mL de jugo de cada concentración. Cada sobre se preparó fraccionando cantidad suficiente de polvo para preparar la concentración adecuada. Los consumidores debían disolver el contenido del sobre en 500 mL de agua fría sin usar hielo, para no modificar la concentración de jugo a ensayar. La yerba utilizada fue la comercializada como “yerba mate para *tereré*”. Según el rótulo del envase, esta yerba es de molienda más gruesa y tiene un menor contenido de polvo que la yerba mate elaborada tradicional. La cantidad de yerba utilizada en cada ensayo fue de 35 g, como se sugiere en la norma IRAM 20540-1 [24] para la determinación de los caracteres organolépticos de la yerba mate. Los consumidores recibieron la misma cantidad de yerba mate para todas las concentraciones de jugo ensayadas.

La planilla entregada a cada consumidor contenía instrucciones generales para realizar el ensayo y para preparar el *tereré*: debían preparar los cuatro *tererés* en el lapso de una semana, en días diferentes, usando en cada ensayo el jugo y la yerba contenidos en uno de los sobres codificados. Se indicó a cada consumidor que preparara el jugo, colocara la yerba en el vaso que habitualmente usa para to-

mar tereré y que bebiera, como lo hace habitualmente, seis cebadas de tereré sin compartirlo con otras personas; y que luego completara la planilla, respondiendo las preguntas correspondientes al sobre utilizado. La presentación de las muestras fue monádica y el ordenamiento fue balanceado.

Con objeto de comparar dos métodos estadísticos para la determinación de la concentración óptima de jugo en el *tereré*, se formularon dos preguntas de aceptabilidad para cada concentración: (1) puntuar el *tereré* según su agrado en una escala de 0 (nada) a 10 (mucho), respondiendo a la pregunta “¿Cuánto le agradó el *tereré* que tomó?”; (2) indicar su percepción con respecto a la concentración del jugo en el *tereré*, respondiendo a la pregunta “Este jugo me resultó:” con una de las opciones “Muy débil”, “Está bien” o “Muy fuerte”.

Análisis estadístico

Para los datos de la pregunta (1) se utilizó un análisis de varianza (ANOVA), realizado con el programa STATGRAPHICS Centurion XV (Versión 15.2.06). Se aplicó el test de Fischer LSD para calcular las diferencias entre medias. El análisis estadístico de los datos de la pregunta (2) fue realizado mediante herramientas de estadísticas de supervivencia en el programa estadístico RStudio (Versión 1.1.423); usando el código provisto por Hough [25]. El nivel de confianza utilizado en los análisis fue del 95%.

Análisis de supervivencia

En el análisis de supervivencia se trabaja con datos censurados. Si un consumidor acepta el *tereré* con una concentración de jugo del 6% pero rechaza el *tereré* con una concentración de jugo del 8%; la concentración exacta de rechazo puede ser cualquier valor entre 6 y 8%. Esto se define como censura en un intervalo. Cuando un consumidor rechaza la muestra con la menor concentración (4%), la concentración de rechazo es <4%, lo que se define como censura a la izquierda. Si el consumidor acepta todas las concentraciones, el rechazo podría ocurrir para una concentración >10%, y los datos están censurados a la derecha [25] more importantly, quality standards, requires practical and reliable methods to estimate a product's shelf life. Emphasizing the importance of the consumer's perception of when food has reached the end of its shelf life, Sensory Shelf Life Estimation of Food Products provides a tool for adequately predicting sensory shelf life (SSL).

Para determinar la concentración óptima de jugo se utilizó el modelo propuesto por Garitta *et al.* [16]. Para cada concentración de jugo c habrá 2 funciones de rechazo: $R_d(c)$, la probabilidad de que un consumidor (o proporción de consumidores) rechace un *tereré* con la concentración de jugo c porque es “muy débil”; y $R_f(c)$, la probabilidad de que un consumidor (o proporción de consumidores) rechace un *tereré* con la concentración de jugo c porque

es “muy fuerte”. Se define como C a la variable aleatoria que representa la concentración óptima de jugo para un consumidor.

$$R_d(c) = P(C > c) = 1 - F(c) \quad (1)$$

$$R_f(c) = P(C < c) = F(c) \quad (2)$$

En el análisis de supervivencia se utilizan varios modelos para $F(c)$: Weibull, normal, lognormal, logístico, loglogístico, entre otros. Los parámetros del modelo elegido se obtienen maximizando la función de verosimilitud, y pueden estimarse para los datos experimentales usando software especializado [15]. Una descripción detallada de los métodos de análisis de supervivencia pueden encontrarse en el trabajo de Hough [25]. Este autor indica que una manera de definir el modelo que mejor ajusta a los datos experimentales es comparar los valores de logverosimilitud de diferentes modelos: el modelo que da los menores valores es el que resulta más adecuado.

El modelo de Garitta *et al.* [16] determina la concentración óptima de un ingrediente en un alimento como la concentración correspondiente al mínimo de la curva que surge de sumar las dos curvas de rechazo de los dos eventos de interés (de “muy débil” a “está bien”, y de “está bien” a “muy fuerte”). Los intervalos de confianza de la concentración óptima se calculan como:

$$\text{Concentración óptima} \pm z_1 - \frac{\alpha}{2} \cdot se_{\text{promedio}} \quad (3)$$

Donde z es el parámetro de la distribución normal estándar, α es el nivel de confianza empleado y se_{promedio} es el error estándar promedio, que se calcula como:

$$se_{\text{promedio}} = \frac{1}{2} \sqrt{se_1^2 + se_2^2} \quad (4)$$

Donde se_1 y se_2 son los errores estándar del óptimo calculado a partir de la curva de rechazo por “muy débil” y la curva de rechazo por “muy fuerte”, respectivamente.

Determinación de la variación de la intensidad de los descriptores con el número de cebada

Análisis sensorial

Se realizó un análisis descriptivo con un panel sensorial de 10 evaluadores de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones, quienes son participantes habituales en ensayos sensoriales de yerba mate. Los evaluadores fueron instruidos en la mecánica de la prueba, y los descriptores seleccionados para ser medidos fueron “sabor a yerba mate”, “sabor a naranja”, “sabor dulce” y “sabor amargo”, utilizando una escala de 0 (nada) a 10 (mucho).

El ensayo descriptivo fue realizado por duplicado en dos sesiones. En cada sesión, los panelistas recibieron un termo con jugo de naranja a 5°C, un vaso de vidrio con yerba mate para *tereré* y una bombilla metálica. La concentración de jugo utilizada fue la determinada como óptima en el ensayo de aceptabilidad y se empleó la misma cantidad de yerba mate para *tereré* utilizada en dicho ensayo (35 g). Además, los evaluadores recibieron una planilla con espacios para registrar la intensidad de los descriptores para cada cebada por separado.

Con el objetivo de estandarizar el volumen de jugo utilizado en cada cebada, se realizaron ensayos previos para estimar la cantidad de líquido utilizada en el consumo habitual del *tereré*. En la primera cebada fueron necesarios 100 mL de jugo para humedecer toda la yerba, y en las cebadas siguientes se utilizaron 40 mL de jugo. Ambos volúmenes fueron marcados en vasos de plástico proporcionados a los panelistas. Se indicó a los evaluadores la manera de preparar el *tereré*: colocando la yerba en forma horizontal en el vaso e introduciendo la bombilla a 45°. En la primera cebada utilizaron 100 mL de jugo, y lo vertieron sobre la yerba en forma homogénea para humedecerla; mientras que en las cebadas posteriores usaron 40 mL de jugo en cada una. Los panelistas tomaron un total de seis cebadas de *tereré*, registrando respecto a cada una de ellas su percepción de los descriptores seleccionados.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos fue realizado con el programa STATGRAPHICS Centurion XV (v15.2.06). Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó el test de Fischer LSD para calcular las diferencias entre medias. Las diferencias fueron consideradas significativas para $p < 0,05$.

Simulación del consumo del mate frío

Para determinar el contenido de sólidos solubles en cada cebada, se simuló el consumo de *tereré* en la forma realizada por los evaluadores en el ensayo descriptivo. Para ello se utilizó un sistema de extracción basado en otras investigaciones [9], [11], [20]. Se colocaron 35 g de yerba mate para *tereré* en un vaso de precipitado. Dentro del vaso se colocó una bombilla conectada a un matraz kitasato mediante un tubo plástico. El kitasato a su vez fue conectado a una trampa de vacío para realizar la succión. El líquido utilizado para la extracción fue el jugo en la concentración usada en el ensayo descriptivo y a la misma temperatura (5°C). En cada cebada se usaron los mismos volúmenes usados en dicho ensayo (100 mL en la primera cebada y 40 mL en las cebadas siguientes). La extracción fue realizada vertiendo el volumen correspondiente sobre la yerba mate, dejando reposar 30 s, y aplicando vacío por otros 30 s para la extracción. El procedimiento se repitió

por un total de seis cebadas. El volumen recuperado en cada cebada fue medido y guardado por separado. Los ensayos se realizaron por triplicado.

Los sólidos solubles presentes en el extracto fueron determinados por el método de pérdida de masa, colocando el extracto en una estufa a $100 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta peso constante. Con la misma técnica, se determinaron también los sólidos solubles del jugo utilizado para la extracción. Los datos obtenidos para cada cebada fueron correlacionados con los valores promedio de los descriptores evaluados en el ensayo anterior utilizando el programa STATGRAPHICS Centurion XV (Versión 15.2.06).

Resultados y discusión

Concentración óptima de jugo para preparar *tereré*

Ensayo de aceptabilidad

El análisis de varianza realizado para las respuestas de la pregunta (1) no resultó estadísticamente significativo ($p > 0,05$) para ninguno de los factores estudiados. Dado que el factor “concentración” no resultó significativo, no pudo determinarse una concentración óptima de jugo a través de esta pregunta. En la Figura 1 se muestran los puntajes promedio asignados en la pregunta (1) a cada una de las concentraciones ensayadas.

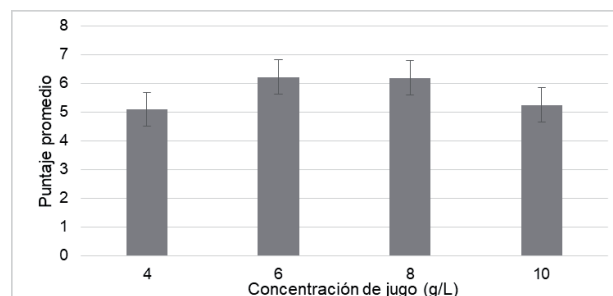


Figura 1: Puntajes promedio de los *tererés* preparados con distintas concentraciones de jugo

Con respecto al análisis de supervivencia, los modelos seleccionados para el ajuste de los datos fueron el modelo de Weibull para la curva de rechazo R_d y el modelo lognormal para la curva de rechazo R_f . Para el modelo de Weibull, la función de rechazo está dada por:

$$R_d(c) = 1 - F_{sev} \left(\frac{\ln(c) - \mu_d}{\sigma_d} \right) \quad (5)$$

Donde $F_{sev}(\cdot)$ es la función de la distribución del valor extremo, y μ_d y σ_d son los parámetros del modelo [16]. Los resultados obtenidos fueron $\mu_d = 1,605 \pm 0,102$; $\sigma_d = 0,250$ (0,172 – 0,362; intervalos de confianza del 95%). En la Figura 2 se grafica el porcentaje de consumidores que rechazan el *tereré* por ser “muy débil”, en función de la concentración de jugo. Se muestra que, por ejemplo, un *tereré* que sea preparado con jugo de concentración de 5 g/L, será rechazado por el

36,13% de los consumidores por ser muy débil.

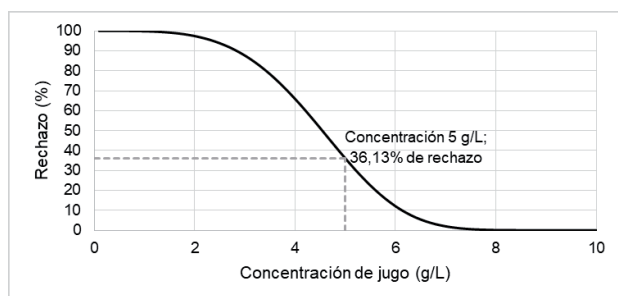


Figura 2: Porcentaje de consumidores que rechazan el tereré por ser “muy débil” en función de la concentración de jugo

Para la curva de rechazo R_f correspondiente al rechazo del *tereré* por ser “muy fuerte”, se seleccionó el modelo lognormal, dado por:

$$R_f(c) = \Phi\left(\frac{\ln(c) - \mu_f}{\sigma_f}\right) \quad (6)$$

Donde $\Phi(\cdot)$ es la función de la distribución normal estándar acumulativa, y μ_f y σ_f son los parámetros del modelo [15]. Para esta curva los parámetros encontrados fueron $\mu_f = 2,186 \pm 0,131$ y $\sigma_f = 0,337$ (0,233 – 0,486; intervalos de confianza del 95%). En la Figura 3 se muestra la curva de rechazo del *tereré* por ser “muy fuerte”.

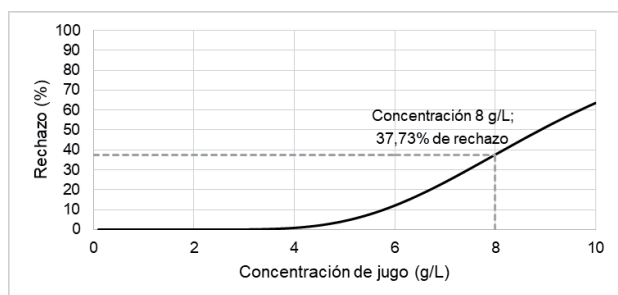


Figura 3: Porcentaje de consumidores que rechazan el tereré por ser “muy fuerte” en función de la concentración de jugo

En la Figura 4 se muestra la curva resultante de la suma de las dos curvas de rechazo de las Figuras 2 y 3. La concentración que corresponde al mínimo de la curva suma es la concentración óptima de jugo para preparar *tereré*, debido a que minimiza la suma de los porcentajes de rechazo. La concentración óptima resultó ser de $6,38 \pm 0,62$ g/L, correspondiente a un 22,87% de rechazo. De ese porcentaje, un 6,72% rechaza el *tereré* preparado con jugo de esta concentración por ser muy débil, mientras que el 16,15% lo rechaza por ser muy fuerte. Considerando los resultados obtenidos puede afirmarse que efectivamente la mayor parte de la población de consumidores prefiere el *tereré* preparado con jugo de menor concentración a la recomendada por el fabricante (8 g/L), teniendo esta concentración un rechazo del 37,73%; por ser considerada muy fuerte (Figura 3).

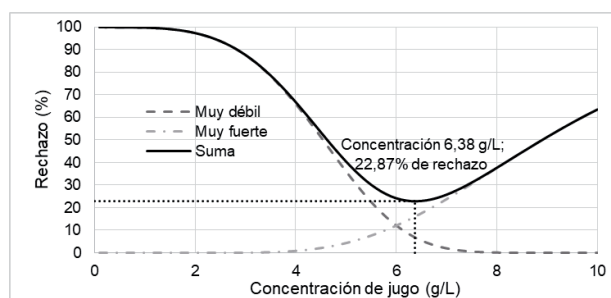


Figura 4: Suma de las curvas de rechazo y concentración óptima de jugo para *tereré*

Variación de la intensidad de los descriptores con el número de cebada

Los resultados de intensidad de los descriptores evaluados se muestran en la Figura 5. El número de cebada no mostró influencia significativa sobre la intensidad del sabor a yerba mate ($p > 0,05$). Las intensidades tanto del sabor a naranja como del sabor dulce disminuyeron con el número de cebada, observándose diferencias significativas a partir de la segunda y cuarta cebada, respectivamente. Por otro lado, se observó la tendencia opuesta en el descriptor “sabor amargo”. En todos los casos, el efecto del evaluador fue significativo, indicando que los evaluadores emplearon zonas distintas de la escala.

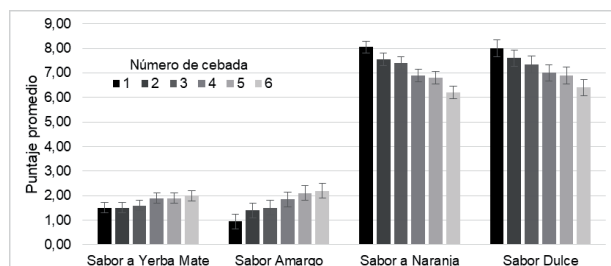


Figura 5: Variación de la intensidad de los descriptores seleccionados para *tereré*, en función del número de cebada.

Estos resultados indican que en las primeras cebadas de *tereré* predomina el sabor al jugo, asociado a los descriptores “sabor a naranja” y “sabor dulce”; mientras que en las cebadas siguientes se incrementa el sabor amargo, aportado por la yerba mate. Considerando una cinética típica de extracción, cabría esperar que en las primeras cebadas el sabor a yerba mate sea comparativamente más intenso que el sabor al jugo y en cebadas posteriores, cuando la yerba haya sido parcialmente agotada, se intensifique el sabor al jugo. Sin embargo, la tendencia encontrada en los ensayos es opuesta a la esperada y los evaluadores no pudieron identificar variaciones en el sabor a yerba mate con las cebadas. Esto sugiere que los descriptores asociados a la yerba mate fueron enmascarados por el sabor al jugo; lo que se evidencia en los puntajes comparativamente altos asignados a los descriptores característicos del jugo. En

estudios posteriores podrían redefinirse los descriptores a ser ensayados, o bien repetir el ensayo usando concentraciones menores de jugo.

Simulación del consumo del mate frío

El contenido de sólidos solubles del jugo utilizado fue de $5,99 \pm 0,31$ g/L. En la Figura 6 se muestra el contenido de sólidos solubles presentes en cada cebada de *tereré*. El contenido de solubles de la primera cebada es el menor de las seis cebadas estudiadas, mientras que en la tercera cebada se alcanza un máximo en la concentración que luego disminuye gradualmente.

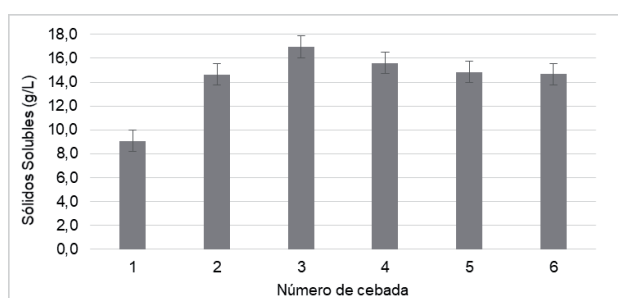


Figura 6: Sólidos solubles extraídos en función del número de cebada

Da Silvera *et al.* [19] estudiaron la extracción de compuestos fenólicos en el *tereré*, y encontraron que en las dos primeras cebadas hay un aumento en la concentración de estos compuestos, para alcanzar un máximo en la tercera cebada. En cebadas posteriores, observaron disminuciones graduales en el contenido de estos compuestos en los extractos. Meinhart *et al.* [20] encontraron tendencias similares para cafeína y teobromina en *tereré*, alcanzando un máximo de extracción en la segunda cebada. Ambos autores atribuyeron este comportamiento a que probablemente en la primera cebada la yerba no se encuentra totalmente humedecida. Los grupos de compuestos antes mencionados participan del sabor característico de la yerba mate [26], [27], por lo que esto podría explicar la tendencia observada con respecto a los descriptores asociados a la yerba mate: sabor a yerba mate y sabor amargo.

Los resultados de la simulación del consumo del *tereré* encontrados en este trabajo muestran una tendencia similar a la reportada por estos autores. En la extracción de un sólido con un líquido, luego de la separación del extracto, el sólido que contiene al soluto retiene cierta cantidad de solución adherida [28]. Parte del líquido agregado en las primeras cebadas conforma esta solución retenida, lo que resulta en que no toda la yerba sea humedecida y, consecuentemente, no participe en la extracción. Esto explicaría el hecho de que en la segunda y tercera cebada se logren extractos más concentrados que en la primera. A partir de la cuarta cebada se obtuvieron extractos de concentraciones gradualmente decrecientes, lo que sugiere que la yerba mate está siendo agotada en solutos.

Los coeficientes de correlación encontrados (Tabla 1) muestran correlaciones positivas muy bajas entre el contenido de sólidos solubles en cada cebada y los valores promedio de los descriptores encontrados en el ensayo descriptivo. Los coeficientes mostrados corresponden a correlaciones lineales. Se ensayaron otros tipos de correlación, encontrándose coeficientes igualmente bajos. La determinación de sólidos solubles no representa en forma adecuada la combinación compleja de caracteres organolépticos que componen el ensayo descriptivo; debido a que describe solamente un aspecto del extracto. A fin de encontrar correlaciones más significativas, en estudios posteriores podrían realizarse determinaciones de componentes más representativos de los descriptores estudiados, como cafeína para sabor amargo, edulcorantes para sabor dulce, entre otros.

Tabla 1: Coeficientes de correlación lineal entre los descriptores y la concentración de sólidos solubles

Descriptor	Coefficiente de Correlación
Sabor a Yerba mate	0,3900
Sabor a Naranja	0,5404
Sabor Dulce	0,5706
Sabor Amargo	0,6061

Conclusiones

El análisis de estadística de supervivencia mostró ser más efectivo que la escala hedónica de 11 puntos para la determinación de la concentración óptima de jugo para preparar *tereré*. La concentración encontrada corresponde a un porcentaje de rechazo relativamente bajo, indicando que el producto es aceptado por los consumidores. Los resultados encontrados podrían emplearse como base para el desarrollo de jugos en polvo especialmente destinados para el consumo de *tereré*. El análisis descriptivo permitió proponer descriptores básicos para el *tereré* preparado con jugo, y estudiar la variación de los mismos con el número de cebada. Finalmente, el contenido de sólidos solubles no pudo correlacionarse adecuadamente con las intensidades de los descriptores seleccionados.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración desinteresada del Dr. Guillermo Hough en la realización del trabajo.

Referencias bibliográficas

1. M. E. Schmalko, M. G. Acuña y G. P. Scipioni, "The Use of Maltodextrin Matrices to Control the Release of Minerals from Fortified Maté", *Int. J. Food Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–25, 2012.
2. Instituto Nacional de la Yerba Mate, "Informe del Sector

- Yerbatero. Diciembre 2019*", 2019. Disponible en: www.inym.org.ar/wp-content/uploads/2020/01/dic-2019-estadisticas-inym-yerba-mate.pdf. Consultado el 28 de Julio de 2020.
3. E. L. Cardozo Junior y C. Morand, "Interest of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health - A review", *J. Funct. Foods*, vol. 21, pp. 440–454, 2016.
 4. S. A. Holowaty, S. A. Surkan, V. D. Trela, G. D. Byczko y M. E. Schmalko, "Variation of physicochemical and sensory properties during the aging of yerba mate", *Int. J. Food Stud.*, vol. 3, no. 2, pp. 228–238, 2014.
 5. S. Isolabella, L. Cogoi, P. López, C. Anesini, G. Ferraro y R. Filip, "Study of the bioactive compounds variation during yerba mate (*Ilex paraguariensis*) processing", *Food Chem.*, vol. 122, no. 3, pp. 695–699, 2010.
 6. C. M. Pagliosa, M. A. Vieira, R. Podestá, M. Maraschin, A. L. Bertello Zeni, E. R. Amante, R. D. de M. C. Amboni, "Methylxanthines, phenolic composition, and antioxidant activity of bark from residues from mate tree harvesting (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.)", *Food Chem.*, vol. 122, no. 1, pp. 173–178, 2010.
 7. M. Gómez-Juaristi, S. Martínez-López, B. Sarria, L. Bravo y R. Mateos, "Absorption and metabolism of yerba mate phenolic compounds in humans", *Food Chem.*, vol. 240, pp. 1028–1038, 2018.
 8. M. J. Santa Cruz, L. Garitta y G. Hough, "Sensory Descriptive Analysis of Yerba Mate (*Ilex Paraguariensis* Saint Hilaire), a South American Beverage", *Food Sci. Technol. Int.*, vol. 8, no. 1, pp. 25–31, 2002.
 9. A. E. Thea, D. Ferreira, L. A. Brumovsky y M. E. Schmalko, "Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in yerba maté (*Ilex paraguariensis* St. Hil) traditional infusions (mate and tereré)", *Food Control*, vol. 60, pp. 215–220, 2016.
 10. C. S. Bizzotto, A. D. Meinhart, A. C. P. Rybka, M. R. Sobrinho, S. B. Junior, C. A. Ballus y H. T. Godoy, "Quantification of phenolic compounds by capillary zone electrophoresis in extracts of four commercial types of mate herb before and after acid hydrolysis", *Food Res. Int.*, vol. 48, no. 2, pp. 763–768, 2012.
 11. G. P. Scipioni, D. J. Ferreyra, M. G. Acuña y M. E. Schmalko, "Rebaudioside A release from matrices used in a yerba maté infusion", *J. Food Eng.*, vol. 100, no. 4, pp. 627–633, 2010.
 12. F. Cúneo y N. Schaab, "Hábitos de consumo de bebidas en adolescentes y su impacto en la dieta", *Diaeta*, vol. 31, no. 142, pp. 34–41, 2013.
 13. G. Hough, L. Garitta y R. Sánchez, "Determination of consumer acceptance limits to sensory defects using survival analysis", *Food Qual. Prefer.*, vol. 15, no. 7–8, pp. 729–734, 2004.
 14. Y. Jeong, Y. A. Jang, Y. H. Chang y Y. Lee, "Prediction of consumer acceptability of potato chips with various moisture contents using survival analysis", *Food Sci. Biotechnol.*, vol. 22, no. 6, pp. 1621–1627, 2013.
 15. E. A. Esmerino, J. A. Paixão, A. G. Cruz, L. Garitta, G. Hough y H. M. A. Bolini, "Survival analysis: A consumer-friendly method to estimate the optimum sucrose level in probiotic petit suisse", *J. Dairy Sci.*, vol. 98, no. 11, pp. 7544–7551, 2015.
 16. L. V. Garitta, C. Serrat, G. E. Hough y A. V. Curia, "Determination of optimum concentrations of a food ingredient using survival analysis statistics", *J. Food Sci.*, vol. 71, no. 7, pp. S526–S532, 2006.
 17. M. Sosa, A. Flores, G. Hough, N. Apro, V. Ferreyra y M. M. Orbea, "Optimum level of salt in French-type bread. Influence of income status, salt level in daily bread consumption, and test location", *J. Food Sci.*, vol. 73, no. 8, pp. S392–S397, 2008.
 18. C. M. Pagliosa, S. M. Pereira, M. A. Vieira, L. A. Costa, E. Teixeira, R. D. de M. C. Amboni y E. R. Amante, "Bitterness in yerba mate (*Ilex Paraguariensis*) leaves", *J. Sens. Stud.*, vol. 24, no. 3, pp. 415–426, 2009.
 19. T. F. F. da Silveira, A. D. Meinhart, T. C. L. de Souza, E. C. E. Cunha, M. R. de Moraes y H. T. Godoy, "Chlorogenic acids and flavonoid extraction during the preparation of yerba mate based beverages", *Food Res. Int.*, vol. 102, pp. 348–354, 2017.
 20. A. D. Meinhart, C. S. Bizzotto, C. A. Ballus, A. C. P. Rybka, M. R. Sobrinho, R. S. Cerro-Quintana, J. Teixeira-Filho, H. T. Godoy, "Methylxanthines and phenolics content extracted during the consumption of mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) beverages", *J. Agric. Food Chem.*, vol. 58, no. 4, pp. 2188–2193, 2010.
 21. D. Valentin, S. Chollet, M. Lelièvre y H. Abdi, "Quick and dirty but still pretty good: A review of new descriptive methods in food science", *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 47, no. 8, pp. 1563–1578, 2012.
 22. E. de Hooge, M. Oostindjer, J. Aschemann-Witzel, A. Normann, S. M. Loose y V. L. Almli, "This apple is too ugly for me!: Consumer preferences for suboptimal food products in the supermarket and at home", *Food Qual. Prefer.*, vol. 56, pp. 80–92, 2017.
 23. Boutrolle, D. Arranz, M. Rogeaux y J. Delarue, "Comparing central location test and home use test results: Application of a new criterion", *Food Qual. Prefer.*, vol. 16, no. 8, pp. 704–713, 2005.
 24. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM), "Norma 20540–1: Yerba mate: Materiales y procedimientos a utilizar en la determinación de los caracteres organolépticos de la yerba mate, bajo forma de mate", 1997.
 25. G. Hough, *Sensory shelf life estimation of food products*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010.
 26. N. M. Streit, L. H. R. Hecktheuer, M. W. do Canto, C. A. Mallmann, L. Streck, T. V. Parodi, L. P. Canterle, "Relation among taste-related compounds (phenolics and caffeine) and sensory profile of erva-mate (*Ilex paraguariensis*)", *Food Chem.*, vol. 102, no. 3, pp. 560–564, 2007.

27. I. Lesschaeve y A. C. Noble, "*Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences*", Am. J. Clin. Nutr., vol. 81, no. 1, pp. 330S-335S, 2005.
28. A. Ibarz y G. V. Barbosa Cánovas, *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa, 2005.

RECYT

Año 23 / N° 35 / 2021 / 22–29

Asociación de realidad aumentada y aeronaves no tripuladas: investigaciones y oportunidades emergentes en AECO

Association of augmented reality and unmanned aircraft: emerging research and opportunities in AECO

Associação de realidade aumentada e aeronaves não tripuladas: pesquisas emergentes e oportunidades em AECO

João Paulo Franco Assumpção*, Ana Regina Mizrahy Cuperschmid

Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Brasil.

*E-mail: j229322@dac.unicamp.br

Recibido: 18/12/2020; Aprobado 22/03/2021

Resumen

En vista del difícil acceso a áreas remotas, edificios, sitios y sitios arqueológicos, las aeronaves no tripuladas (UA), aparecen como una alternativa menos invasiva para obtener información in loco. El uso de UAs ha sido recurrente en el área de Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación (AECO) debido a la facilidad de uso y la posibilidad de integración con los más diversos sensores (cámaras, GPS, proximidad, etc.), brindando a los usuarios una nueva perspectiva del proyecto. Otra tecnología que se ha explorado en AECO es la Realidad Aumentada (AR), ya que permite la inserción de elementos virtuales en el entorno físico en tiempo real. Considerando las posibilidades de estas tecnologías, este artículo tiene como objetivo mapear investigaciones que buscan el uso simultáneo de UA y RA y discutir las oportunidades que esta asociación ofrece para AECO. Para el mapeo, se realizó una Revisión Sistemática. Solo se identificaron algunas investigaciones en el área de AECO, lo que indica un campo de conocimiento aún poco explorado. El aporte de esta investigación es investigar el uso de la RA junto con los UAS aplicados a AECO, destacando las brechas en el tema y señalando tendencias y oportunidades para los procesos de diseño, construcción, mantenimiento y operación de edificios.

Palabras clave: Realidad Aumentada; Aeronaves no tripuladas; Drone; AECO.

Abstract

Considering the difficult access to remote areas, buildings, places and archaeological sites, unmanned aircrafts (AUs), also known as drones, emerge as a less invasive alternative to obtaining information from such sites. The employment of UAs has been recurrent in the field of Architecture, Engineering, Construction and Operation (AECO) due to ease of use, access to previously unreachable areas and the possibility of integration with the most diverse sensors (cameras, GPS, proximity, etc.), giving users a new perspective of the project. Another technology explored in AECO is Augmented Reality (AR) because it allows the insertion of virtual elements in the physical environment in real time. Considering the possibilities of these technologies, this article maps research that seeks the simultaneous use of UAs and AR and discuss the opportunities that this association offers for AECO. For mapping, a Systematic Literature Review was conducted. Only a few studies were identified in AECO, indicating a field of knowledge that should be explored. This research contribution is the investigation of the emerging research about AR with UAS applied to AECO, highlighting the gaps in the theme and the opportunities for building design, construction, maintenance, and operation processes.

Keywords: Augmented Reality; Unmanned Aircraft; Drone; AECO.

Resumo

Tendo em vista o difícil acesso a áreas remotas, construções, locais e sítios arqueológicos, as aeronaves não tripuladas (*unmanned aircrafts*, UAs), também conhecidas como *drones*, surgem como uma alternativa menos invasiva para obter informações de tais locais. A utilização de UAs tem sido recorrente na área de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) devido a facilidade de uso e a possibilidade de integração com os mais diversos sensores (câmeras, GPS, proximidade etc.), dando aos usuários uma nova perspectiva do projeto.

Outra tecnologia que tem sido explorada em AECO é a Realidade Aumentada (RA), pois possibilita a inserção de elementos virtuais no ambiente físico em tempo real. Considerando as possibilidades dessas tecnologias, este artigo tem por objetivo mapear as pesquisas que buscam o uso simultâneo de UAs e RA e discutir as oportunidades que esta associação oferece para AECO. Para o mapeamento, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Foram identificadas somente algumas pesquisas na área de AECO, indicando um campo de conhecimento ainda pouco explorado. A contribuição desta pesquisa está em investigar a utilização de RA juntamente com UAS aplicada à AECO, evidenciando as lacunas do tema e apontando as tendências e oportunidades para os processos de projeto, construção, manutenção e operação de edificações.

Palavras-chave: Realidade Aumentada; Aeronave não tripulada; Drone; AECO.

Introdução

As aeronaves não tripuladas, conhecidas por *Unmanned Aircrafts* (UAs), datam desde fins do século XIX [1]. As tecnologias para as UAs vêm evoluindo desde então, permitindo sistemas de controle mais precisos e acurados e o acoplamento de recursos para os mais variados fins como agricultura, militar e construção civil.

Tendo em vista o difícil acesso a áreas remotas, construções, locais e sítios arqueológicos, as UAs, também conhecidas como drones, surgem como uma alternativa menos invasiva para obter informações de tais locais [2]. O uso de UAs tem sido recorrente na área de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) devido a facilidade de uso, o acesso a áreas antes inalcançáveis e a possibilidade de uso dos mais diversos sensores (câmeras, GPS, proximidade, etc.).

Em AECO, os *Unmanned Aircraft Systems* (UAS) vêm sendo utilizados de diversas maneiras: fotogrametria aérea, possibilitando a restituição digital de edifícios a partir da técnica de *Dense Stereo Matching* (DSM) [3], [4]; visualização de modelos tridimensionais de edifícios em RA para análise e discussão do projeto [5], [6] e; na gestão e manutenção de edifícios, realizando uma varredura e auxiliando na identificação de problemas existentes [7] as well as the sustainability of critical healthcare infrastructure. The purpose of this paper is to propose a conceptual ambient intelligent environment for enhancing the decision-making process of the facility managers. This low-cost data-rich environment would use building information modeling (BIM).

Outra tecnologia que vem evoluindo desde a década de 1950 [8] é a Realidade Aumentada (RA). A RA consiste em um *feedback* natural ao operador com elementos simulados [9], isto é, o operador visualiza o mundo físico e em tempo real através de uma tela ao mesmo tempo em que interage com elementos virtualmente inseridos na cena.

A RA também vem sendo empregada na indústria AECO em ao menos três fases da construção: projeto, obra e operação. Na fase do projeto, a RA é utilizada para visualização *in loco* [6] discussão da forma, materiais construtivos e circulação [5], apoio ao projeto participativo [10] gerando uma visão composta (ambiente real com a adição de modelos virtuais. Na construção, a RA é utilizada na

visualização e locação de equipamentos [11], [12] [13] Na fase de operação, auxilia na manutenção de *facilities* [14].

Uma interessante aplicação de RA para a visualização de edifícios pelo mercado imobiliário, foi a exibição do edifício Fibrasa Connection, realizado pela construtora Rossi em Vitória (ES) [15], [16]. Nessa ação publicitária, o projeto da edificação era visualizado *in loco*, em escala real, sobre um marcador de 900m², considerado o maior marcador para RA do mundo [17]. A construtora utilizou um helicóptero para propiciar aos possíveis investidores a visualização do edifício através de RA. Para tanto, foram realizados diversos testes de inserção do modelo no terreno e animações que visavam transmitir a sensação de realidade como de pessoas passeando pela calçada, carros transitando pela rua e o pouso de um helicóptero no heliponto do empreendimento [15].

A possibilidade de utilizar UAS para visualização em RA de edificações em tamanho real e *in loco*, representa uma alternativa mais acessível se comparada a um helicóptero, como o utilizado para visualizar o empreendimento Fibrasa Connection.

Com o intuito de mostrar pesquisas que relacionam as tecnologias de RA e UAS simultaneamente, este trabalho busca mapear as pesquisas recentes acerca desta temática por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), e aponta oportunidades de aplicação em AECO.

Tecnologias emergentes: RA e UAS

Realidade Aumentada

A RA era abordada em diversas publicações, no entanto, não havia a devida conceituação [9]. Isso porque não havia uma definição consistente a se considerar. Entendia-se como RA, projetos que consistiam em tecnologias baseadas em Telepresença e Telem manipuladores [9]. Posteriormente, surgiu um outro conceito mais restrito, que definia a RA como sendo uma RV em que se utilizava uma tela vestível de realidade aumentada (HMD) transparente, o que permitia uma visão clara do mundo real [9].

Entretanto, é impossível separar ambos os tópicos (RA e RV). Os dois possuem aspectos em comum. A RV é um ambiente totalmente sintético, no qual o operador está completamente imerso [9]. Esse ambiente virtual pode

imitar características físicas do ambiente real, inclusive ser suscetível as leis da física como a gravidade. Deste modo, os autores apresentaram seu *continuum* (ou sequência contínua) entre Realidade e Virtualidade (Figura 1).

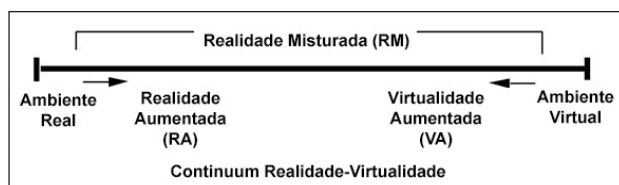


Figura 1: Sequência contínua entre Realidade e Virtualidade – baseado em [9].

Fonte: Elaborado pelos autores.

Esse *continuum* apresenta a esquerda da régua o Ambiente Real, composto por objetos reais visto através do mundo real [9] e em tempo real [18]. Esse ambiente real pode ser visualizado sem o auxílio de qualquer dispositivo, através de uma janela ou telas (monitoramento por vídeo). Do lado direito da régua, definiu-se o que seria o Ambiente Virtual. Ele consiste somente em objetos virtuais, desenvolvido por simulações gráficas e modelos tridimensionais gerados por computador, visualizados através de monitores ou telas de imersão. Tudo que se encontra entre o Ambiente Real e o Ambiente Virtual foi definido como sendo uma Realidade Misturada ou Mista (RM) [9]. A RM consiste em um ambiente que possui tanto elementos reais, quanto virtuais.

Os fatores que distinguem a RA vão muito além dos monitores [9]. Para os autores, a diferença estava em se a pessoa se encontrava imersa egocentricamente em um ambiente real ou observando o mundo real ao seu redor exocentricamente. A RA permite o usuário visualizar uma composição feita por objetos virtuais em um mundo real [19], [20]. Ela é capaz de criar conexões entre os dois mundos (real e virtual) através de uma interface simples e instantânea, aprimorando o mundo físico [20].

A interface de RA favoreceu novas possibilidades em relação a interação com os usuários, passando do tradicional gráfico bidimensional de telas planas para um tridimensional e interativo [8]. As principais características que definem a RA são: (i) combinar real com virtual; (ii) interação em tempo real e; (iii) possuir registro tridimensional [21]. Alguns exemplos desse uso na Arquitetura é a RA criada pela construtora Rossi para a publicidade de um novo empreendimento [15], [16] e o uso para análise de implantação do edifício [5], [6].

Por sua vez, a Virtualidade Aumentada consiste em um ambiente completamente digital, parcial ou totalmente imersivo e com o acréscimo de elementos reais [9]. Um exemplo dado pelos autores foi a inserção das mãos no ambiente virtual, com a possibilidade de interações como apontar e arrastar objetos. Um exemplo desse uso é um aplicativo que fornecia um modelo virtual da Torre Grossa (San Gimignano, Italy), no qual havia sensores posicionados nesse ambiente virtual que forneciam dados emitidos

pelos sensores reais implantados *in loco* [2].

Kipper e Rampolla apresentam alguns componentes de *hardware* e *software* necessários para a construção de um ambiente de RA [19]. Os componentes de *hardware* apontados foram: computador de mesa ou dispositivo móvel; monitor ou tela; câmera; sensores de rastreamento (GPS, magnetômetro, acelerômetro, etc.); estrutura de rede; marcador (elemento que auxilia o computador localizar o objeto virtual no mundo real). Os componentes de *software* indicados foram: aplicativo que rode localmente; serviço web; servidor de conteúdo.

As principais vantagens da RA incluem a facilidade de colaboração, interação intuitiva, integração de informação digital e computação móvel [12]. Para os autores, a RA em AECO tem sido explorada para fins educacionais, de visualização de modelos e para interação em projetos colaborativos e participativos. Um exemplo é projeto de desenvolvimento de um parque colaborativo, no qual a partir da realidade aumentada é possível definir os equipamentos e a posição deles em um determinado parque [22].

Com a RA é possível vincular elementos virtuais e interfaces tangíveis para manipulá-los semelhantes a objetos reais [12].

O uso da Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM) associado a RA, tem auxiliado na criação de modelos mais realistas para AECO [12]. É possível definir 5 técnicas fundamentais para um ambiente de RA realista [23]: (i) uma técnica de modelagem em que se visualiza as formas físicas; (ii) uma técnica de rastreamento em que se integra visualmente ambientes reais e elementos virtuais; (iii) uma técnica de renderização que gere uma geometria suficientemente realista; (iv) uma técnica capaz de gerar uma saída baseada no banco de dados de um modelo BIM e; (v) uma técnica avançada de rastreamento que envolva equipamentos e movimentos.

Para alcançar tal realismo é fundamental observar os graus de liberdade dos usuários. Uma RA pode ter até seis graus de liberdade (6DoF, *six degrees of freedom*), que se referem a posição e orientação da câmera dentro do espaço tridimensional [8]. Diz-se que a RA possui 6DoF quando há possibilidade de translação nos eixos *x*, *y* e *z*, além de rotação (rodar, guinar e rolar). Alguns sistemas fornecem apenas três graus de liberdade (3DoF), sendo todos os três de rotação, Figura 2.

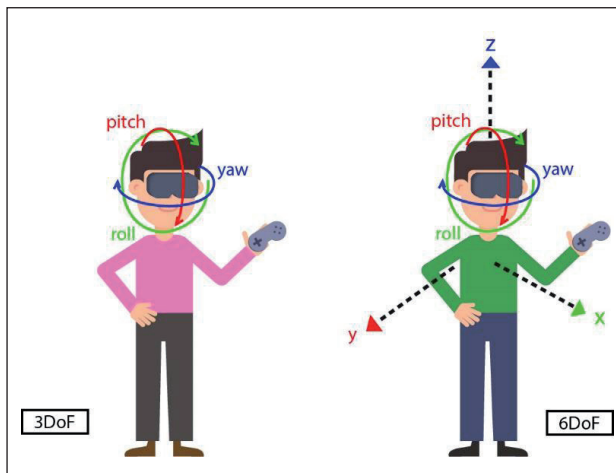


Figura 2: 3DoF e 6DoF.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tratando-se de RA, é importante determinar a posição e a orientação continuamente das entidades: cabeça, olhos ou membros. Isso está diretamente relacionado ao conceito de rastreamento, o qual visa obter as propriedades espaciais durante o tempo de execução [20]. Em outras palavras almeja “o registro correto e consistente entre os objetos virtuais e o ambiente real” [10] gerando uma visão composta (ambiente real com a adição de modelos virtuais).

UAS

Há três tipos de robôs móveis conforme o meio em que são utilizados: (i) terrestres; (ii) aquáticos e; (iii) aéreos. Os robôs móveis aéreos ficaram popularmente conhecidos como drones. Drone é uma palavra inglesa para zumbido. Portanto, esse nome é devido ao ruído comumente existente nesse tipo de robô e por serem voadores.

Neste artigo, adotou-se UA, por ser o termo utilizado pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) desde julho de 2020 [24]. Entretanto, a UA também é conhecida como Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e aqueles que possuem 4 hélices também podem ser chamados de quadcopteros ou quadrotors. Quando se tratar do sistema, ou seja, da aeronave e de todos os componentes que envolvem o sistema (controle remoto, sistemas de transmissão de dados, HMD, etc.), utiliza-se o termo UAS.

A primeira aeronave não tripulada que se tem notícia, foi uma pipa com um sensor do tipo anemômetro –dispositivo utilizado para medir velocidade e direção dos ventos– colocada 1.200 pés de altura resultado de um experimento realizado pelo inglês Douglas Archibald em 1883 [1].

Com o advento de novas tecnologias digitais, permitindo maior acurácia nos voos realizados através de um UAS, a fabricante japonesa Yamaha iniciou a primeira fabricação de UAs em larga escala para uso civil [25]. Tratava-se de uma aeronave de hélice rotativa, denominada R50, utilizada na semeadura e pulverização de campos de arroz.

Atualmente, as UAs podem ser classificados da seguinte forma [26]: (a) Asas fixas – referindo-se a aviões

não tripulados e que necessitam de uma pista para pouso e decolagem; (b) Asas ou hélices rotativas – corresponde às UAs capazes de decolar e pousar verticalmente como helicópteros; (c) Infláveis como balões e dirigíveis – são mais leves que o ar e voam em baixas velocidades e; (d) Batedores de asas – possuem asas com formatos orgânicos e flexíveis, tendo sua estrutura inspirada em insetos e aves.

Uso simultâneo de RA & UAS: pesquisas emergentes

Com o intuito de mapear e avaliar criticamente as pesquisas emergentes sobre o uso de drones associado à RA na área AECO, foi realizado uma RSL. Essa RSL visa agregar os resultados de pesquisas acerca das tecnologias que têm sido utilizadas com a intenção de apoiar a visualização do projeto no ambiente construído em RA através de UAS, além de identificar lacunas a serem preenchidas com a proposição de trabalhos futuros [27]. Assim, esta RSL apresenta uma síntese evidenciando essas lacunas e apontando as tendências e oportunidades para o uso de RA associada a UAS em AECO.

RSL: metodologia

A questão que norteia esta RSL é saber o que vem sendo pesquisado sobre o uso de drones associado RA. Busca-se identificar como ocorre seu uso concomitante, quais *engines* ou sistemas são utilizados para misturar a imagem capturada pelo drone com elementos virtuais e os métodos de rastreamento empregados. Para tanto, foi desenvolvido um *framework* conceitual (Figura 3).

A partir desta questão, definiu-se duas categorias: uma que englobasse as Realidades Misturadas e outra que indicasse o uso de UAs. A operação booleana AND foi aplicada entre essas categorias. Na primeira, foram utilizados os termos de busca “*augmented reality*” e “*mixed reality*”. Na segunda, os termos “*drone*”, “*unmanned aerial vehicles*” (veículo aéreo não tripulado), “*remotely piloted aircraft*” (aeronave pilotada remotamente), “*quadrotor*”, “*quadcopter*” e “*quadricopter*”. Todos os termos, dentro de cada categoria, foram separados pelo operador booleano OR.

Para se evitar “falsos positivos” nos resultados das buscas, optou-se por eliminar siglas, pois elas poderiam apresentar resultados com sentidos diferentes ao proposto na questão. Um exemplo de sigla, que retornaria resultados falsos, seria RPA que poderia apresentar tanto resultados contendo *remotely piloted aircraft*, quanto *robotic process automation*, sendo a segunda opção a mais encontrada durante uma busca com a sigla. Geralmente, o significado da sigla é apresentado no resumo ou nas palavras-chave.

O termo adotado por este trabalho “*unmanned aircraft*” não foi utilizado na busca, pois não apresentava resultados, uma vez que ele passou a ser adotado em julho de 2020 [24], após a busca as bases de dados.

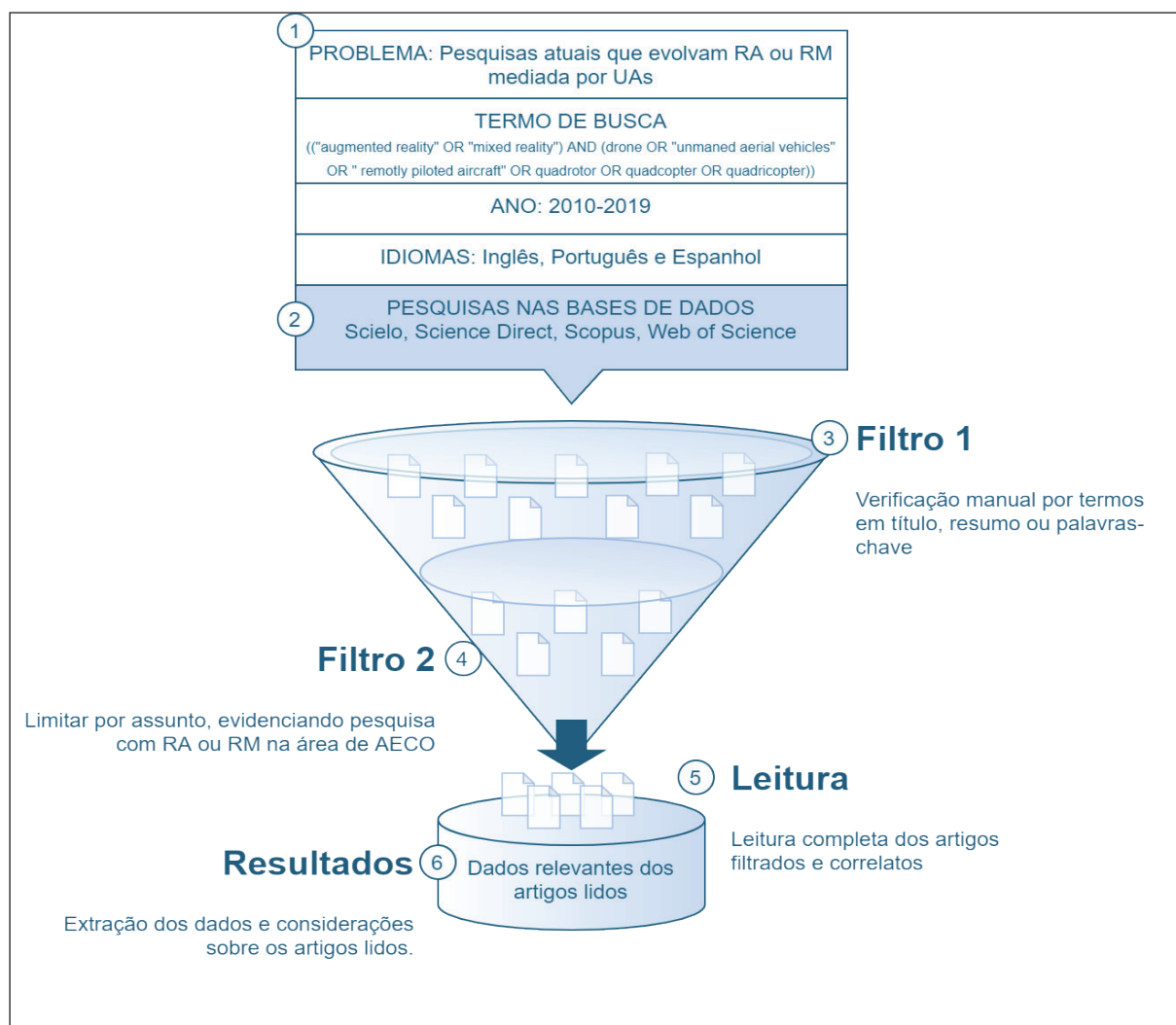


Figura 3: Framework conceitual.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Adicionalmente, foram definidas algumas regras para a busca em relação ao período, ao idioma e ao tipo de publicação. Quanto ao tipo de publicação, dentre artigos em periódicos, artigos em eventos científicos, livros e capítulos de livros. Para garantir uma ampla busca por publicações, foram utilizadas quatro bases de dados conhecidas: Scielo, ScienceDirect, Scopus e Web of Science. Os termos das buscas foram limitados aos campos: título, resumo e palavras-chave.

RSL: resultados

A busca nas bases de dados gerou um total 247 publicações, sendo 8 através da ScienceDirect, 178 através da Scopus e 61 da Web of Science. A busca através da Scielo não retornou nenhum resultado (Figura 4).

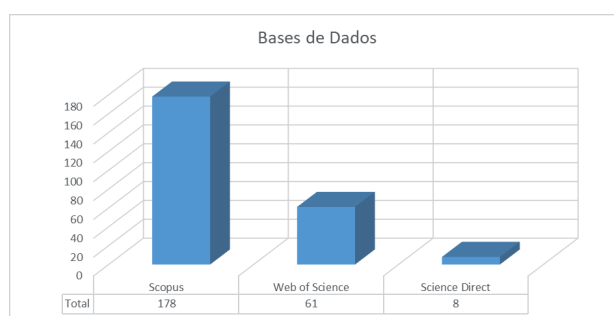


Figura 4: Base de dados pesquisadas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A pesquisa nas bases de dado também mostrou um aumento nas publicações nos últimos anos, passando de 15 no ano de 2016, para 51 em 2017, 70 em 2018 e 57 em 2019 (Figura 5).



Figura 5: Artigos publicados por ano.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a busca, eliminou-se as publicações em duplicidade, ou seja, aquelas que foram encontradas em mais de uma base. Desta forma, 55 itens foram suprimidos do resultado da pesquisa, restando apenas 192 itens únicos.

Foi observado que alguns termos da pesquisa não estavam presentes no título, resumo ou palavras-chave da publicação. Portanto, foram verificados quais publicações realmente atendiam aos critérios de busca. Neste filtro, foram excluídas 113 publicações, restando agora 79 publicações únicas e que de fato atendiam aos termos da pesquisa (Figura 6).

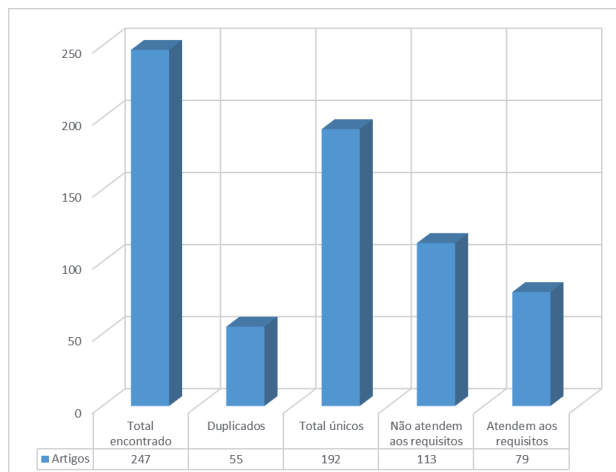


Figura 6: Seleção de resultados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto aos tipos de publicações, foram encontrados 61 artigos em eventos científicos, 17 artigos em periódicos e um capítulo de livro. Apenas um periódico apresentou mais de um artigo com os termos pesquisados, foi ele: SENSORS com 2 artigos publicados. Dentre as publicações em eventos científicos, seis se destacam com mais de duas publicações: ACM SIGGRAPH (5), International Conference on Human-Robot Interaction (4), International Conference on Virtual Systems and Multimedia (4), Conference on Human Factors in Computing Systems (4) (Figura 7).

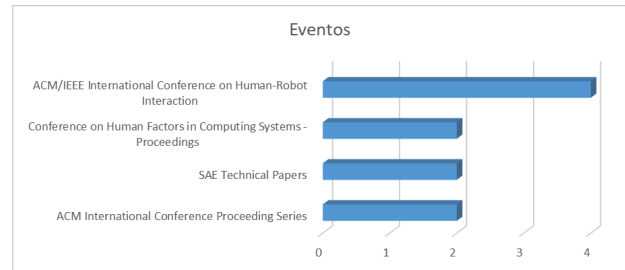


Figura 7: Artigo publicados em Anais de eventos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após uma lida nos 79 artigos restantes, eles foram classificados de acordo com o viés da pesquisa (Figura 8). A partir dessa leitura e classificação dos artigos, identificou-se seis artigos que tratavam sobre AEEO. O termo AEEO não pôde ser definido no termo da busca, pois a sigla representa quatro diferentes áreas com diversos sinônimos e a maioria das bases possuem limite de operadores booleanos. Esses artigos são apresentados nas discussões a seguir.

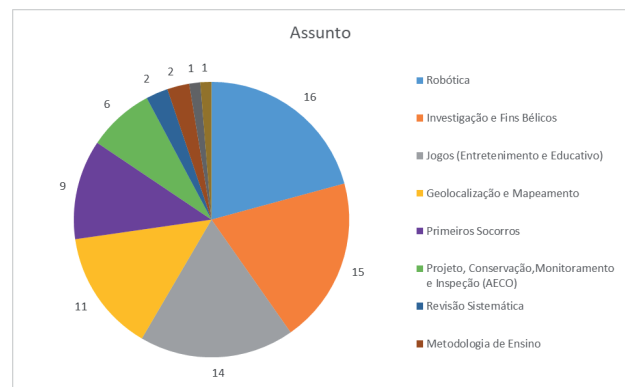


Figura 8: Artigos classificados de acordo com o viés.

Fonte: Elaborado pelos autores.

RSL: discussões

Dos seis artigos que tratavam de Projeto, Conservação, Monitoramento e Inspeção com utilização de RA apoiada por UA, apenas quatro apresentaram os resultados do desenvolvimento de uma aplicação, os demais tratavam da idealização de um sistema.

Somente a aplicação de Wen e Kang [6] apresentou um modelo em escala e posição reais. Contudo, os autores utilizaram fotografias para definir a localização do modelo virtual, ou seja, fotografias como marcadores que ligam o modelo ao local.

Quatro pesquisas mencionaram terem utilizado a *engine* de jogos Unity para o desenvolvimento do aplicativo RA [2], [5], [6], [28].

Duas Interfaces de Programação de Aplicativos (*Application Programming Interfaces*, APIs) para desenvolvimento de aplicação em RA foram utilizadas nos artigos, são elas: Vuforia [6] Kudan [5], [28].

As UAs utilizadas e mencionadas pelos autores foram

a Parrot AR.Drone 2 [5], uma DJI Inspire I [28], além de duas outras montadas pelas equipes de pesquisa: *Micro Air Vehicle* [2] e; uma UA feita em fibra de carbono contendo seis hélices e um controlador DJI [6].

Portanto, cada uma das pesquisas apresentou uma abordagem quanto ao método de rastreamento, exibição e interação, além de diferentes UAS e uso de APIs específicos. Os resultados indicam a necessidade de amadurecimento das tecnologias (tanto de *hardware*, quanto de *software*) para o maior aproveitamento de suas possibilidades em AECO.

Tendências e oportunidades

As diversas tecnologias de RA criadas permitiram que a indústria AECO utilizasse essas novas tecnologias na mesclagem entre o real e o projetado [12]. Desta maneira, conforme Schnabel e Wang, arquitetos, projetistas e engenheiros têm utilizado uma gama de instrumentos para alinhar o projeto idealizado ao mundo real [12]. Com a associação de RA com UAS, surgem novas oportunidades de aplicação em AECO.

Este estudo mapeou as pesquisas emergentes que buscam o uso simultâneo de RA e UAS através de uma RSL. Ao longo dos últimos cinco anos, foi possível observar o crescimento no número de artigos acerca da temática, sobretudo com a popularização das UAs, o desenvolvimento e a melhoria de sensores e técnicas de localização de robôs móveis.

A utilização de sensores para definição da localização do objeto virtual no mundo real carece de maior exploração. Sensores como o GPS e o IMU, imprescindíveis para a obtenção da odometria visual [29], merecem maior investigação quando se trata do uso simultâneo de RA e UAS. Observou-se uma lacuna no uso simultâneo de UAS e RA a partir de georreferenciamento. Tal associação permitiria a localização sem o uso de marcadores e a visualização do modelo no terreno em tempo real.

As oportunidades dessa associação incluem o fornecimento de diversas perspectivas do modelo em RA, que não poderiam ser obtidas por um dispositivo móvel nas mãos do usuário. Com isso, seria possível explorar possibilidades de implantação de uma edificação com maior liberdade e alcance. Tal associação tem potencial de auxiliar na verificação de erros de projeto, por proporcionar a visualização antecipada do projeto no local. Ainda, a organização dos canteiros de obra pode ser favorecida, reduzindo o desperdício e otimizando a produção. Adicionalmente, por meio de novos recursos tecnológicos, seria possível incluir outros participantes e permitir a interação coletiva com o modelo em RA.

Este artigo apresenta os recentes avanços nas pesquisas que tratam da associação de RA e UAS, identifica lacunas e aponta o potencial para a área de AECO, oferecendo direções para o desenvolvimento de novas pesquisas.

Referências Bibliográficas

1. P. G. Fahlstrom e T. J. Gleason, *Introduction to UAV Systems*, 4o ed. Chichester: Wiley, 2012.
2. D. Germanese et al., "Architectural heritage: 3D documentation and structural monitoring using UAV", in *CEUR Workshop Proceedings*, 2019, vol. 2320, p. 1–12.
3. C. K. Cogima, R. V. C. Nascimento, P. V. V. Paiva, M. A. G. Carvalho, e E. Dezen-Kempter, "Scan-to-HBIM aplicado à igreja da Pampulha de Oscar Niemeyer", *Gestão e Tecnol. Proj.*, vol. 15, no 1, p. 117–134, 2020.
4. E. Dezen-Kempter et al., "Historical District Information Modeling (HDIM): HBIM e SIG na documentação de sítios históricos", in *Encontro Brasileiro de Modelagem da Informação da Construção e Patrimônio Cultural*, 2020, p. 74–82.
5. S. Sreeram, K. K. Nisha, e R. Jayakrishnan, "Virtual Design Review and Planning Using Augmented Reality and Drones", in *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Control Systems*, ICICCS 2018, 2019, p. 915–918.
6. M.-C. Wen e S.-C. Kang, "Augmented reality and unmanned aerial vehicle assist in construction management", in *Proceedings of the 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, 2014, p. 1570–1577.
7. J. Irizarry, M. Gheisari, G. Williams, e K. Roper, "Ambient intelligence environments for accessing building information: A healthcare facility management scenario", *Facilities*, vol. 32, no 3, p. 120–138, 2014.
8. J. Peddie, *Augmented Reality: Where We Will All Live*, 1o ed. Springer International Publishing, 2017.
9. P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, e F. Kishino, "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum", in *SPIE Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 1995, vol. 2351, p. 282–292.
10. A. R. M. Cuperschmid, "Realidade Aumentada no processo de projeto participativo arquitetônico: desenvolvimento de sistema e diretrizes para utilização", Universidade Estadual de Campinas, 2014.
11. P. S. Dunston, J. V. Sinfield, e D. Shin, "Spatial tracking challenge for Augmented Reality on building construction sites", in *Proceedings of the 4th International Structural Engineering and Construction Conference, ISEC-4 - Innovations in Structural Engineering and Construction*, 2008, vol. 2, p. 1247–1251.
12. M. A. Schnabel e X. Wang, Orgs., *Mixed reality in architecture, design and construction*, 1o ed. Sydney: Springer Science + Business Media, 2009.
13. G. Dini e M. D. Mura, "Application of Augmented Reality Techniques in Through-life Engineering Services", in *Procedia CIRP*, 2015, vol. 38, p. 14–23.
14. J. Irizarry, M. Gheisari, G. Williams, e B. N. Walker, "InfoSPOT: A mobile Augmented Reality method for accessing

- building information through a situation awareness approach*", *Autom. Constr.*, vol. 33, p. 11–23, 2012.
15. F. Martines, "A maior realidade aumentada do mundo - Link - Estadão", Estadão, 2010. [Online]. Available at: <https://link.estadao.com.br/noticias/geral,a-maior-realidade-aumentada-do-mundo,10000043300>. [Acessado: 06-ago-2020].
 16. C. Yano, "Construtora cria maior projeto de realidade aumentada do mundo | Exame", Exame, 2010. [Online]. Available at: <https://exame.com/tecnologia/construtora-cria-maior-projeto-realidade-aumentada-mundo-574938/>. [Acessado: 06-ago-2020].
 17. Guinness World Records, "Largest augmented reality mark | Guinness World Records", 30-jun-2010. [Online]. Available at: <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/largest-augmented-reality-mark>. [Acessado: 12-ago-2020].
 18. P. Lévy, *Becoming Virtual: Reality in the Digital Age*, 1o ed. New York: Plenum Trade, 1998.
 19. G. Kipper e J. Rampolla, *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. Elsevier Inc., 2012.
 20. D. Schmalstieg e T. Hollerer, *Augmented Reality: Principles and Practice (Usability)*. Pearson Education, 2016.
 21. R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 6, no 4, p. 355–385, 1997.
 22. A. R. M. Cuperschmid, A. M. R. D. G. Monteiro, e R. C. Ruschel, "Desenvolvimento de aplicativo de realidade aumentada para uso em projeto participativo de áreas de lazer", *Educação Gráfica*, vol. 20, no 3, p. 44–63, 2016.
 23. J. W. Choi, "A Technological Review To Develop An AR-Based Design Supporting System", in *Mixed Reality In Architecture, Design And Construction*, X. Wang e M. A. Schnabel, Orgs. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009, p. 53–74.
 24. DECEA, *Portaria n. 112/DGCEA (ICA 100-40) de 22 de maio de 2020. Instrução sobre aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro*. Brasília, DF: Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2020.
 25. R. Austin, *Unmanned Aircraft Systems: UAVs design, development and deployment*, 1o ed. Wiltshire: Wiley, 2010.
 26. K. Nonami, F. Kendoul, S. Suzuki, W. Wang, e D. Nakazawa, *Autonomous Flying Robots: Unmanned Aerial Vehicles and Micro Aerial Vehicles*, 1o ed. Springer Tokyo, 2010.
 27. A. Dresch, D. P. Lacerda, e J. A. V. Antunes Jr, *Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2015.
 28. L. Yan, T. Fukuda, e N. Yabuki, "Intergrating UAV development technology with augmented reality toward landscape tele-simulation", in *Intelligent and Informed - Proceedings of the 24th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, CAADRIA 2019*, 2019, vol. 1, p. 423–432.
 29. F. Fraundorfer e D. Scaramuzza, "Visual Odometry : Part II: Matching, Robustness, Optimization, and Applications", *IEEE Robot. Autom. Mag.*, vol. 19, no 2, p. 78–90, 2012.

RECYT

Año 23 / N° 35 / 2021 / 30–34

Estudios preliminares para el procesamiento de minerales mediante calcinación solar

Preliminary studies for the processing of minerals by solar calcination

Silvana K. Valdez^{1,2,*}, Agustina M. Orce¹, Blanca A. Abregú^{1,2}, Martin Thames Cantolla^{1,2}

1- Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150, 4400, Salta, Argentina.

2- Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI-CONICET), Av. Bolivia 5150, 4400, Salta, Argentina.

*E-mail: skvaldez@gmail.com

Recibido: 30/12/2019; Aprobado 23/03/2021

Resumen

Ciertos países actualmente cuentan con sistemas que emplean la energía solar en diversos procesos industriales. Estos sistemas tienen la ventaja de disminuir el empleo de combustibles fósiles y con ello la generación de dióxido de carbono, por lo que se trata de sistemas sustentables.

No existen antecedentes en Argentina del uso de energía solar en procesos pirometalúrgicos. En este trabajo se analiza la factibilidad de realizar la calcinación de boratos empleando energía solar. La calcinación de un borato consiste en su descomposición térmica, eliminándose su agua de hidratación e incrementando su contenido de B_2O_3 . En el caso particular de la colemanita (borato de calcio), la temperatura de descomposición se encuentra entre 350-400°C. Se calcinó una muestra de colemanita del 70% de pureza en una pantalla solar de 172 cm de diámetro y profundidad de foco de 40 cm con un ángulo de inclinación de 30°. Se determinó la irradiación ($kcal/m^2$ h) interceptada por el equipo. Dependiendo de las condiciones climáticas se obtuvo una conversión entre 45-72%. Además se midió el grado de avance a distintos periodos de tiempo durante una hora. Los resultados demuestran que es posible utilizar la energía solar como fuente de energía alternativa para calcinar colemanita.

Palabras clave: Colemanita; Calcinación; Concentración; Energía Solar.

Abstract

Certain countries have systems using solar energy on industrial process. The advantage of these systems is to reduce the fossil fuel consumption and carbon dioxide generation, being a sustainable system. There is no background information about the use of non-conventional energy sources applied to pyrometallurgical processes in Argentina. In this paper the feasibility of calcining borates by solar energy was analyzed. The calcination of borates allows to increase their B_2O_3 content due to the thermal decomposition with the loss of the hydration water. In particular, the calcination of colemanite (calcium borate) occurs around 350-400°C. A colemanite sample of 70 % purity was calcined using a dish concentrator of 172 cm diameter and a focus depth of 40 cm, the rim angle was 30°. The radiation intercepted by the equipment was determined in $kcal/m^2$ h. Conversion was between 45-72% depending on the environmental conditions. The reaction advancement was measured at different periods of time within an hour. Results show that it is possible to use solar radiation as energy source to calcine and purify colemanite.

Keywords: Colemanite; Calcining; Concentration; Solar Energy.

Introducción

Numerosos procesos industriales demandan energía térmica en el rango de 80-240°C [1]. En Sharma et al. (2017) [2], se recopiló información sobre el desarrollo de sistemas de calefacción de procesos industriales mediante energía solar. Países como India, China, Estados Unidos, Alemania, emplean sistemas de energía térmica en industrias agropecuarias, alimenticias, textil, entre otras [3]. Estos sistemas no son tenidos en cuenta en la industria

minera ya que se requieren elevadas temperaturas de procesamiento [3].

Argentina es uno de los pocos países que dispone de variados yacimientos de boratos: los denominados “duros” (tincal, colemanita, hidroboracita), así como boratos contenidos en la costra de los salares (ulexita) o disueltos en la salmuera impregnante. Es la tercera exportadora mundial de productos del boro.

El procesamiento de los boratos depende de las propiedades y de la pureza deseada en el producto final. En sen-

tido creciente de valor los principales productos del boro son: mineral sin procesar, concentrados, calcinados, fritas, refinados y BAVA (Boratos de Alto Valor Agregado). Dado el elevado contenido de agua de hidratación de los boratos, la calcinación se muestra como una interesante alternativa para elevar la ley (contenido en B_2O_3) de minerales o de sus concentrados.

La calcinación consiste en una descomposición térmica del borato, que elimina su agua de hidratación incrementando apreciablemente el contenido de B_2O_3 . Es un proceso que se realiza a relativamente baja temperatura [4]. Los tratamientos pirometalúrgicos de calcinación y de anhidratación poseen además una importante ventaja adicional: disminuye el costo de transporte, ítem de suma importancia para los boratos, cuyos yacimientos están generalmente ubicados lejos de los puertos y muy lejos de los mercados, afectando fuertemente la competitividad del sector.

En el caso de la colemanita (borato de calcio), su calcinación ocurre de manera violenta: decrepita, disminuyendo notoriamente su tamaño de partícula hasta tamaño de polvo; simultáneamente también ocurre una disminución de su peso específico, desde 2,4 a 1,9 [5].

La descomposición térmica ocurre alrededor de los 300-450°C [5, 6, 7]. Como la ganga permanece inalterada tanto en tamaño como en peso específico, ocurre un incremento en la diferencia de esas propiedades que mejora las condiciones de concentración respecto de la carga sin calcinar. Celik y Cakal [5] y Şenol-Arslan et al. [8] estudiaron cómo varían las propiedades físicas con el tratamiento térmico de muestras de colemanita provenientes de diversos yacimientos de Turquía. Can et al. [9] realizaron la calcinación de colemanita empleando un horno de microondas doméstico. Encontraron que el método es ventajoso en cuanto al tiempo de procesamiento (10 minutos para alcanzar 450°C) y por una reducción de 100°C en la temperatura de transición de la colemanita a colemanita amorfa.

En Argentina, los yacimientos de boratos se localizan en la región de la Puna, a más de 3000 metros sobre el nivel del mar. Esta región se caracteriza por tener condiciones climáticas extremas, altos gradientes térmicos entre el día y la noche, sol diáfano y escasas precipitaciones durante el año. La probabilidad de días soleados en el invierno es de 85%.

La irradiación (o insolación) es la cantidad de radiación global recibida en un punto geográfico durante un tiempo determinado y sobre una superficie conocida (kWh/m^2) y la irradiancia es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente sobre unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética (W/m^2). En la región la irradiación varía desde 5,5 a 7,5 kWh/m^2 en enero, mientras que en junio lo hace entre 4,5 y 5,5 kWh/m^2 ; en los mismos meses la heliofanía varía, en promedio, entre 8-9 horas [10]. En Salta, en días soleados la irradiancia es de 900 W/m^2 [11].

No existen antecedentes en nuestro país del uso de ener-

gía no convencional en procesos pirometalúrgicos, sin embargo las condiciones climáticas en la Puna hacen suponer que es factible el uso de la energía solar para llevar a cabo procesos térmicos de relativamente baja temperatura, como en el beneficio de los boratos. En este trabajo se analiza la factibilidad de realizar la calcinación de colemanita (borato de calcio) empleando un concentrador parabólico solar.

Materiales y Métodos

Para la calcinación se empleó un concentrador solar parabólico de 172 cm de diámetro y profundidad de foco (distancia focal) de 40 cm, con un ángulo de inclinación de 30°.

Las muestras de colemanita empleadas tenían 35,58% B_2O_3 , 19,09 %CaO y el 45,33% restante corresponde a insolubles tales como sílice. La colemanita pura contiene 50,81% B_2O_3 por lo que las muestras empleadas tenían una pureza del 70%. Las muestras de tamaño entre 8-10 M (2,38-2mm) y se calcinaron entre 60 y 120 minutos. Durante el proceso de deshidratación las partículas decrepitan reduciéndose su tamaño, en consecuencia luego de los ensayos las partículas tenían un tamaño <20M (<0,84 mm). Las muestras se pesaron antes y después de cada ensayo para determinar la pérdida de peso. Se registró la temperatura a cada instante de tiempo mediante dos termocuplas ubicadas a dos alturas diferentes separadas 7 mm. Se realizaron además ensayos para determinar el avance de la reacción en función del tiempo. Para ello se emplearon muestras cuya masa se informa en la Tabla 2 y se repitieron los mismos a distintos tiempos entre 3 minutos y una hora. Se analizó el contenido de B_2O_3 antes y después de la calcinación mediante análisis químico por titulación con Na(OH) [4].

Para determinar la energía radiante incidente en la muestra (q_{ri}) se realizaron ensayos de vaporización de agua. Para ello se colocó en el foco del concentrador un recipiente con agua a vaporizar. Los ensayos se realizaron empleando recipientes de vidrio, hierro fundido y acero ya que q_{ri} depende de las propiedades ópticas del material que recibe la radiación.

La temperatura se registró a distintos tiempos. Los ensayos se realizaron a las 9 de la mañana y tuvieron una duración de una hora. En todos los ensayos el concentrador se ubicó de cara al Este, se considera que en una hora no hay variación en el ángulo de incidencia de la radiación sobre el recipiente portamuestra ya que la pantalla se ajustaba en cada instante de tiempo manualmente para mantener el foco centrado.

El calor útil se define, como la diferencia entre el calor interceptado por el portamuestra y las pérdidas por radiación y convección, de acuerdo a la ecuación 1.

$$Q_u = Q_{ri} - A_{rp} [\sigma(T^4 - T_\infty^4) + h(T - T_\infty)] \quad (1)$$

donde:

Q_u : Calor útil, kcal/h

Q_{ri} : Calor debido a la radiación reflejada por el concentrador e interceptada por el portamuestra, kcal/h

A_{rp} : Área de incidencia en el recipiente portamuestra, m²

σ : Constante de Boltzman, $3,304 \times 10^{-27}$ kcal/K

T: temperatura, K

T_∞ : Temperatura ambiente, K

h: coeficiente pelicular de transferencia de calor, kcal/h m² K

A su vez, Q_{ri} depende de la eficiencia óptica del material (ϵ_0 , %), del área de apertura del concentrador parabólico (A_a , m²) y de la irradiancia (I_b , W/m²) (ecuación 2).

$$Q_{ri} = \frac{\epsilon_0 A_a I_b}{1,163} \quad (2)$$

La densidad de calor incidente (q_{ri}) se define en la ecuación 3:

$$q_{ri} = \frac{Q_{ri}}{A_{rp}} \quad (3)$$

Conocido el calor útil y las temperaturas se puede calcular el Q_{ri} (ecuación 1) y con él la eficiencia óptica ϵ_0 (ecuación 2).

Por último, la eficiencia térmica instantánea se define de acuerdo a la ecuación 4 como:

$$= \frac{Q_u 1,163}{I_b A_a} \quad (4)$$

Para determinar el calor interceptado (Q_{ri}) se vaporizó una cierta cantidad de agua contenida en distintos recipientes: de vidrio (diámetro 18 cm), de acero inoxidable (diámetro 10 cm) y de hierro fundido (diámetro 24 cm). Como se conoce la cantidad de agua evaporada y el calor latente de vaporización a presión atmosférica, el calor incidente se calculó con la ecuación 5.

$$Q_u = \frac{m_{H_2O} \Delta H_{vap} + m_{H_2O} C_e \Delta T}{t} \quad (5)$$

Siendo t el tiempo de exposición expresado en horas.

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados de flujo de calor y densidad de flujo de calor interceptado así como también los parámetros del concentrador solar. La relación q_{ri}/I_b es una medida de cuánto concentra el equipo la radiación solar.

Tabla 1: Parámetros del concentrador solar.

Evaporación solar de agua. Equipos empleados	Q_{ri} , kcal/h	q_{ri} , kcal/(h m ²)	ϵ_0	η	q_{ri}/I_b
Cristalizador vidrio (f=18,5 cm) h=8,5cm	585,7	7681,7	32,62	27,79	9,93
Hierro Fundido negro (f=24 cm) h=11cm	971,5	7582,8	54,11	46,32	9,80
Acero inoxidable (f=10 cm) h=1,3cm c/agua	191,0	12167,1	10,64	9,93	15,72
Acero inoxidable (f=10 cm) h=1,3cm c/agua	217,3	13839,9	12,10	11,47	17,88
Acero inoxidable (f=10 cm) h=1,3cm c/agua	205,1	13066,6	11,43	10,56	16,88

El calor interceptado depende de las propiedades del recipiente, en la Tabla 1 se observa que tanto el cristalizador de vidrio como el recipiente de hierro fundido tienen densidad de calor interceptado cercano a 7600 kcal/h m². Los ensayos empleando el mismo recipiente de acero inoxidable se llevaron a cabo en distintos días por lo que los valores de la densidad de calor incidente (q_{ri}) varían entre ensayos. Comparándolo con los demás recipientes, el de acero inoxidable tiene una densidad mayor, alcanzando valores promedio de 13.000 kcal/h m². La diferencia se debe a las pérdidas por radiación y convección en cada caso, según se observa en la ecuación 1. Por este motivo los ensayos de calcinación de coleanita se llevaron a cabo empleando los recipientes de acero inoxidable.

En la Figuras 1a y 1b se observa la variación de temperatura superior e inferior, medidas con dos termocupas separadas 7 mm. La termocupa superior se ubicó debajo de una capa de 3 mm de mineral. Las figuras corresponden a los Ensayos 1 y 3 respectivamente (ver Tabla 2). En ambos ensayos se alcanza la temperatura necesaria para producir la decrepitación de la coleanita. La diferencia de temperaturas entre las termocupas (DT), considerando la distancia entre ellas (7 mm), indicaría una baja transmisión de calor en el sentido vertical, por lo que se podría asumir el fenómeno como un proceso superficial que no se propaga hacia el interior de la muestra. El descenso brusco de las temperaturas en la Figura 1a se debió a la presencia de nubosidad.

Se observa que en ensayos desarrollados en condiciones operativas similares, se alcanzan temperaturas muy diferentes. Esto es debido a que las condiciones ambientales no se mantienen constantes, y a que el movimiento de la pantalla para mantener el foco centrado se realizó manualmente.

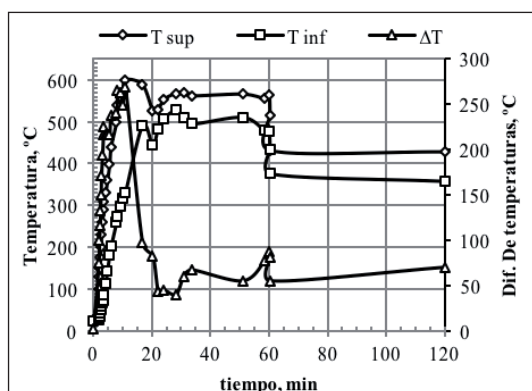


Figura 1a: Evolución de la temperatura durante la calcinación (Ensayo 1).

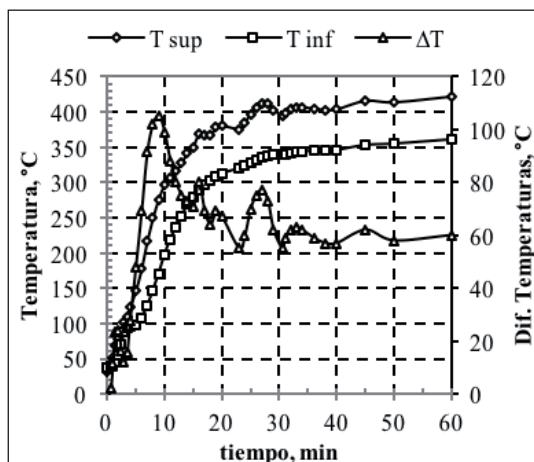


Figura 1b: Evolución de la temperatura durante la calcinación (Ensayo 3).

En Tabla 2 se muestran los resultados de tres ensayos de calcinación realizados en tiempos suficientemente largos tal que se supone que se alcanza el máximo avance posible de la reacción para las condiciones operativas empleadas.

Tabla 2: Resultados de ensayos de calcinación solar.

Ensayo	1 t:120 min	2 t:100 min	3 t:60 min
Tamaño de coleanita (35,58 %B ₂ O ₃) alimentada	8-10 M	8-10 M	8-10 M
Masa inicial; g	92,5	104,2	104
Masa final; g	82,24	95,7	93,42
Pérdida de peso (ΔW); %	11,09	8,16	10,17
Grado avance (η); %	67,44	49,60	61,82
Contenido de B ₂ O ₃ en >20M; %	37,01	37,88	36,48
Contenido de B ₂ O ₃ en <20M; %	46,56	44,31	46,19
Recuperación en <20M; %	34,28	21,83	33,50

La ley de B₂O₃ creció de 35,58% en la alimentación a un 44,3-46,6 % en la fracción <20M con un grado de avance entre 50-67 %. La fracción >20M aumenta levemente el contenido de B₂O₃ pero es una fracción que además de ganga, también posee coleanita sin reaccionar. En el Ensayo 1 las temperaturas alcanzadas durante el tiempo de reacción máximo ensayado (120 minutos) ≈ 600°C son del orden de las temperaturas alcanzadas en los hornos tradicionales. Esta temperatura, aún cuando se mantuvo durante aproximadamente 60 minutos no fue suficiente para alcanzar la conversión deseada. Por otro lado, la coleanita comienza a fundir a 1.015°C por lo que no ocu-

rieron reacciones secundarias durante el ensayo. A pesar de haber permanecido tiempo suficiente no se alcanzan valores de conversión muy elevados. Esto demuestra que la reacción ocurre en la superficie expuesta a la radiación y que el mineral sin reaccionar de las capas inferiores ofrece una alta resistencia a la transferencia de calor, lo mismo se aprecia con la diferencia de temperaturas entre las termocupas ubicadas a una distancia de 7 mm entre sí.

Se realizaron también seis calcinaciones para analizar la influencia del tiempo a 3, 7, 10, 20, 30 y 60 minutos. En la Tabla 3 se muestran las masas iniciales y finales mientras que en la Figura 2 muestra la influencia del tiempo sobre la pérdida de peso, el grado de avance y la recuperación de B₂O₃ en la fracción fina (<20M).

Los resultados obtenidos son comparables con aquellos que se muestran en la Tabla 1. La máxima velocidad de cambio de las tres variables estudiadas ocurre durante los primeros 10 minutos de calcinación. Esto también demuestra la dificultad en la transferencia de calor hacia el interior de la muestra.

Tabla 3: Masa inicial y masa final medida a diferentes tiempos.

Ensayo	1 t:3 min	2 t:7 min	3 t:12 min	1 t:20 min	2 t:30 min	3 t:60 min
Tamaño de coleanita (35,58 %B ₂ O ₃) alimentada	8-10 M	8-10 M	8-10 M	8-10 M	8-10 M	8-10 M
Masa inicial; g	97,55	98,07	97,94	96,92	96,30	95,79
Masa final; g	95,95	95,38	93,01	91,30	89,88	88,61

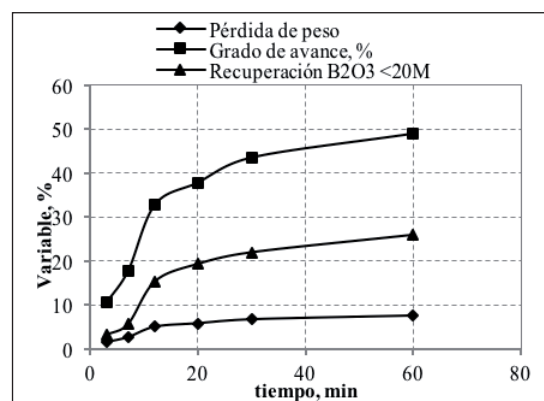


Figura 2: Evolución de la calcinación en el tiempo.

Conclusiones

Es factible calcinar coleanita empleando un concentrador solar. Dependiendo de las condiciones climáticas se obtuvo una conversión entre 45-72%. El calentamiento ocurre en la superficie y la temperatura no se transmite fácilmente hacia el seno del lecho mineral. La irradiancia media anual de la Puna es más que suficiente para alcanzar las temperaturas de decrepitación de la coleanita; ésto, sumado a que la mayoría de las empresas borateras realizan la calcinación en plantas cercanas a los yacimientos hace

que el proceso de calcinación pueda llevarse a cabo durante todo el año. El proceso será discontinuo y se recomienda trabajar durante las 9 horas de heliofania de la región.

Para mejorar la transferencia, y en consecuencia la conversión, se debe diseñar un sistema un sistema dinámico que permita que la totalidad de las partículas se encuentren expuestas a la radiación. Los resultados alientan a continuar con la investigación orientada al diseño de un reactor experimental a escala banco-piloto que permita la obtención de índices metalúrgicos de interés industrial.

Referencias Bibliográficas

1. Kulkarni, G. et al. (2008). *Design of solar thermal systems utilizing pressurized hot water storage for industrial applications*. Solar Energy Vol. 82. pp 686-699.
2. Sharma, A. et al. (2017). *Solar industrial process heating: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol. 78, pp124-137.
3. Farjana, S. et al. (2018) *Solar industrial process heating systems in operation – Current SHIP plants and future prospects in Australia*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 91, pp 409-419.
4. Uysal, T. et al. (2016). *Effects of mechanical activation of colemanite ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) on its thermal transformations*. International Journal of Mineral Processing 151, pp 51-58
5. Flores, H. (2004) *Beneficio de los Boratos del NOA*. Editorial Crisol. 2004
6. Celik, A. and Cakal, G. (2016). *Characterization of espey colemanite and variation of its physical properties with temperature*. Physicochemical Problems of Mineral Processing 52 (1); pp 66-76.
7. Guzel, G. et al. (2016). *The use of colemanite and ulexite as novel fillers in epoxy composites: Influences on thermal and physico-mechanical properties*. Influences on thermal and physico-mechanical properties. Composites Part B 100, pp1-9
8. Şenol-Arslan, D. et al. (2016). *Investigation of Thermal Behaviour of Hisarcık and Espey Colemanites*. Bildiriler Kitabı, TMMOB Metalurji ve Malzeme Mühendisleri Odası, UCTEA Chamber of Metallurgical & Materials Engineers Proceedings Book, Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi | IMMC; pp 431-434.
9. Fatih Can, M. et al. (2016) *Microwave Assisted Calcination of Colemanite Powders*. International Journal of Metallurgical & Materials Engineering.
10. Grossi Gallegos, H. y R. Righini. (2007) *Atlas de la Energía Solar de la República Argentina*. Disponible en: www.gersolar.unlu.edu.ar.
11. Piacentini, R. (2003) *Introducción a la energía del sol y la eficiencia energética*. Concursol centro Científico Tecnológico. Rosario, CONICET.

RECYT

Año 23 / N° 35 / 2021 / 35–43

La función percibida en el diseño de automóviles “populares” y su importancia para el mercado

The perceived function in the design of “popular” cars and their importance for the Market

A função percebida no desenho de carros “populares” e sua importância para o mercado

André Demaison^{1,*}, Galdenoro Botura Jr¹, Luis Carlos Paschoarelli¹

1- Universidade Estadual Paulista - Campus Bauru - Av. Eng. Luiz E. C. Coube, 14-01 17033-360 - Bauru, São Paulo - Brasil

*E-mail: demaison@gmail.com

Recibido: 21/10/2020; Aprobado 09/04/2021

Resumen

Los consumidores de automóviles de menor valor a menudo buscan versiones que parezcan “premium” para satisfacer sus vanidades. Para escapar del estigma asociado a los automóviles más baratos y sencillos para la venta, los fabricantes trabajan en la estética de estos vehículos para impactar positivamente en la autoestima de los propietarios. Este artículo analiza los valores estéticos de los automóviles, presentando el concepto de “automóvil popular” y la evolución histórica de este mercado. Se elaboró un cuestionario de Diferencial Semántico con los modelos de “entrada” más vendidos en Brasil en 2019, además de clásicos “populares” de décadas pasadas. Se presenta y discute la función percibida de lo “popular” en el mercado nacional a partir del análisis estadístico de los resultados obtenidos de las consultas con los consumidores. Se identificó que una estética más elaborada, que se refiere al aspecto de vehículos más costosos, la que genera mayor atractivo para los usuarios.

Palabras clave: Diseño; estética; automóviles; función percibida; automóviles populares.

Abstract

Consumers of lower-value automobiles often look for versions that look “premium” to satisfy their vanities. To escape the stigma attached to “popular” cars - the cheapest and simplest for sale by automakers -, manufacturers work on the aesthetics of these vehicles to positively impact the owners’ self-esteem. This article discusses the aesthetic values of automobiles, presenting the concept of “popular car” and the historical evolution of this market. A Semantic Differential questionnaire was prepared with the best-selling “entry” models in Brazil in 2019, in addition to “popular” classics from past decades. The perceived function of the “popular” in the national market is presented and discussed based on the statistical analysis of the results obtained from consultations with consumers. It was identified that a more elaborate aesthetic, which refers to the look of more expensive vehicles, generates greater attraction for users.

Keywords: Design; aesthetics; automobiles; perceived function; popular cars.

Resumo

Consumidores de automóveis de menor valor buscam, muitas vezes, versões com aparência considerada “premium” para satisfazerem suas vaidades. Para fugir do estigma vinculado aos carros “populares” - os mais baratos e simples à venda pelas montadoras -, os fabricantes trabalham a estética desses veículos para impactar positivamente a autoestima dos proprietários. Este artigo discute acerca dos valores estéticos dos automóveis, apresentando o conceito de carro “popular” e a evolução histórica desse mercado. Foi elaborado um questionário de Diferencial Semântico com os modelos “de entrada” mais vendidos no Brasil em 2019, além de clássicos “populares” de décadas passadas. A função percebida dos “populares” no mercado nacional é apresentada

e discutida com base na análise estatística dos resultados obtidos a partir de consultas realizadas junto aos consumidores. Identificou-se que uma estética mais elaborada, que remete ao visual de veículos mais caros, gera maior atração nos usuários.

Palavras-chave: Design; estética; automóveis; função percebida; carros populares.

Introdução

A estética de um produto é, possivelmente, o primeiro fator de impacto para um usuário. Por meio dos olhos é que se identificam as características de uso e decide adquirir, utilizar ou ao menos entender a funcionalidade dos objetos. [1] define a função estética dos produtos como “um aspecto psicológico da percepção sensorial durante o seu uso”. Estéticas bem resolvidas permitem a identificação direta das funções práticas de um objeto, fazendo com que o usuário sintase mais confiante ao optar por um produto.

Com relação aos automóveis, a estética permite ao sujeito identificar o uso de cada veículo de modo claro. Carros *off-roads*, familiares ou utilitários de carga são constantemente identificáveis por meio das aparências, informando suas funções e principais características. Isso ajuda o usuário a adquirir o produto que, sob sua ótica, mais se adequa às suas necessidades. A estética permite, ainda, que o usuário adquira um automóvel que tenha identificação com sua personalidade, mesmo que isso signifique não seguir a função prática para qual ele foi projetado.

Para [1], “pode-se deduzir que a configuração de produtos industriais significa dotar os produtos de funções estéticas, atendendo à percepção multissensorial do usuário”. Assim, observa-se que a utilização de elementos que procuram emular funções, não compatíveis com as reais características de uma versão do automóvel, confunde o usuário leigo, induzindo-o a possíveis utilizações inadequadas, como no caso de versões esportivas que não apresentem melhorias técnicas que se traduzam em aumento de performance.

Este estudo apresenta, por meio da visão de usuários, o impacto da estética no tocante à percepção da faixa de preço dos veículos “de entrada” atuais, utilizando como parâmetro a comparação com carros considerados atualmente clássicos, mas que foram os mais baratos das montadoras em seus lançamentos.

O automóvel e seu impacto sociocultural

O Brasil adotou majoritariamente o modal rodoviário ainda nas décadas de 1950 e 1960 e, desde então, vários programas foram desenvolvidos para que a “família média brasileira” pudesse adquirir seu próprio carro, sendo o consumo de automóveis incentivado por meio de diversas medidas político-econômicas [2, 3].

Ações voltadas para o consumo de automóveis foram idealizadas para facilitar a compra de modelos classificados como “populares”, os mais baratos de um fabricante. O programa adotado pelo Governo Federal de redução de

impostos para veículos abaixo de 1000 cilindradas [4], nos anos 1990, gerou uma “explosão” no mercado de carros “populares”. O impacto cultural causado, desde o surgimento do automóvel, mostra a importância social do produto, como o fator simbólico do sujeito ser “dono de carro” [5]. O automóvel passou a ser visto, no mundo moderno, como um produto que traz “economia de tempo, utilidade, trabalho, liberdade, independência e prestígio” [5]. Ter um carro significa fazer parte de um grupo visto como “melhor sucedido”, pois ter um veículo particular traz independência em relação ao transporte público. Assim, “à medida que a renda familiar cresce, também cresce a mobilidade pessoal; pessoas de maior poder aquisitivo costumam usar mais o automóvel do que qualquer outro meio de transporte” [2].

Um estudo de caso da cidade de São Paulo (SP) mostra ainda que pedestres, ciclistas e mesmo usuários de transportes públicos são tratados, socialmente, como “menores” pelo poder público e pelos donos de automóveis que recebem as principais obras ou demais melhorias para a mobilidade urbana [2].

Porém, o fato de ganhar o status de “dono de automóvel” pode ser minimizado pela versão do carro comprado. Adquirir um modelo simples, antiquado, usado ou fora de moda pode causar ao usuário o efeito social contrário, sinalizando que o sujeito não está “em boas condições de comprar algo melhor”. Nesse ponto, a estética do carro é um diferencial na percepção dos usuários. É possível afirmar que automóveis atuais e esteticamente atraentes, mesmo os de menor custo, mas que não aparentam ser “populares”, trazem o efeito social desejado. [6] afirma que as pessoas querem veículos bonitos que “seus vizinhos possam admirar”.

A cultura implantada de ser dono de automóvel é forte entre os consumidores, sendo o carro um objeto de desejo [3, 7]. Adquirir um veículo para a mobilidade parece estar restrito apenas para consumidores de renda mais baixa, para quem precisa do carro para trabalho, ou para quem não se incomoda com marcas, modelos ou versões dos carros. Porém, mesmo para esses usuários, alguns recursos existentes acabam sendo necessários: compram o modelo básico, mas possivelmente com ar-condicionado ou direção hidráulica. Já para os consumidores mais entusiastas, torna-se imperativo ser proprietário de um modelo atual ou que esteja em voga.

Considerando as questões sociais, o consumidor procura adquirir um carro que o permite ser visto por seus pares como bem-sucedido ou alguém de bom gosto nas suas escolhas. Mesmo que seja o modelo básico, ter o carro da moda desperta desejos. Assim, é comum que

fabricantes e montadoras façam grandes investimentos no design dos automóveis, buscando atingir o emocional dos usuários. Um exemplo é o caso do Jeep Renegade, no qual se encontram referências aos veículos Jeep clássicos dos anos 1950 em elementos como as lanternas, faróis, grade e até pequenos desenhos nos para-brisas [8]. Assim, “produtos com design inovador, lúdico ou até mesmo retrô, associados a um possante posicionamento de marca, são capazes de gerar uma espécie de paixão no comprador em potencial [9]”.

Simple, porém bonito: a estética do carro popular

A história do “carro popular” no mundo remete ao Ford T [10]. Trata-se da primeira tentativa de um fabricante em criar um produto acessível ao grande público, fórmula que foi repetida em diversas outras ocasiões (VW Fusca, Morris Mini, Fiat 500, Citroën 2CV) durante as décadas de 1940 e 1950. Um dos mais conhecidos carros “populares” de todos os tempos, o Fusca (originalmente Volkswagen, ou “carro do povo”), possuía linhas bastante simples e arredondadas. O carro tornou-se um clássico com o passar do tempo, tendo ficado 65 anos em produção mundial - entre 1938 (lançamento na Alemanha) e 2003 (fim da produção no México). Foi produzido no Brasil entre 1959 e 1986, tendo retornado ao mercado brevemente entre 1993 e 1996. Este novo produto introduzido no mercado, segundo o manual de Oslo [11] e, também, por [12] e [13], causou um grande impacto, agregando valor à marca e rendendo dividendos aos fabricantes. Ainda hoje, é um dos carros mais vendidos de todos os tempos [14].

As iniciativas de se aproveitar de um nicho de mercado com a venda de carros mais baratos no Brasil aconteceram já nos anos 1960 [15], com veículos como o Willys Dauphine “Teimoso” (Figura 01), o Fusca “Pé-de-Boi”, o Simca Profissional, DKW Pracinha/Caiçara e o potente esportivo “simplificado” Dodge Dart SE. Era comum a remoção de elementos estéticos e equipamentos, como frisos, adesivos, cromados, carpetes, cinzeiro, revestimentos e, às vezes, até mesmo retrovisores [4]. Fundamentalmente, eram os mesmos carros de linha, porém “depenados” pelas montadoras para baratear os preços. Dessa maneira, o consumidor tinha a opção de ter o carro desejado sem pagar muito mais por isso. As alterações estéticas deixavam os veículos com uma aparência muito simples, mas mantinham as linhas básicas padrão. Um Dodge Dart SE continuava sendo um Dodge Dart - e essa era, provavelmente, a visão que os vizinhos teriam do dono do automóvel.



Figura 1: Willys Dauphine “Teimoso”, provavelmente um dos primeiros “populares” do Brasil

Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Renault_Teimoso.jpg/ Acesso em 08 jan 2020.

Apesar das montadoras terem investido em versões mais baratas de seus carros ao longo das décadas, o Fiat Uno Mille (Figura 2) - versão do Uno lançada em 1990 - foi o precursor do conceito de carro popular da maneira como se entende hoje, carros originados a partir dos incentivos fiscais [10, 15, 16], com a redução de impostos para os fabricantes [4, 10, 17] - portanto, diferente do conceito do Willys Dauphine “Teimoso” e outros citados.



Figura 2: Fiat Uno Mille, versão despojada de equipamentos da linha.

Fonte: <http://motor1.uol.com.br/news/117608/carros-para-sempre-uno-mille-a-historia-do-precursor-dos-populares/> Acesso em 12 jan 2020.

A história do Uno possui similaridade com a do Fusca. Lançado no mercado brasileiro em 1984 para ser o carro mais barato da Fiat, também chamou atenção por suas linhas simples. Porém, diferentemente do Fusca, era um desenho quadrado - uma estética considerada bastante moderna para a época. Com o sucesso do carro, a Fiat lançou a versão Mille: além de ter sido “oficialmente” o primeiro carro popular [10, 15, 16], dentro do conceito dos que se aproveitaram do programa de incentivo do IPI baixo para motores abaixo de 1000 cilindradas, o Uno Mille também pode ser considerado o último carro “popular puro” do Brasil [10]. Por se tornar referência entre os “populares”, a Fiat chegou a tirar de linha todas as outras versões do carro, mantendo entre 1996 e 2014 apenas o Mille (sem o nome Uno) à venda.

Os carros “populares” eram bastante espartanos tanto

esteticamente quanto no tocante a equipamentos. Basicamente, aliou-se o uso do motor 1000 cilindradas (1.0) à simplificação do modelo, porém sem os excessos de épocas anteriores que pudessem comprometer a segurança ou minimamente o conforto, como a remoção de lanternas ou a existência de bancos sem revestimento. Vários equipamentos passaram a ser disponibilizados como itens opcionais, como o retrovisor do lado direito, adornos estéticos, rádio, relógio e afins. Com interior modesto e poucos mostradores no painel, os “populares” eram vendidos em torno dos US\$ 7.500 em 1994, ano no qual o câmbio da moeda girava em torno de R\$ 1,00. Em valores de final de 2019, próximos dos R\$ 30.000,00, considerando o dólar da época em torno dos R\$ 4,00. Para fins de comparação, a versão mais completa dos mesmos carros poderia chegar próximo dos US\$ 12.500 (R\$ 50.000 em 2019).

Criou-se naquela década, assim, um efervescente mercado dos chamados “carros 1000”: Além do Uno Mille, havia o VW Gol 1000 (Figura 03), o Ford Escort Hobby e o GM Chevette Junior, para citar os pioneiros [10]. Todas as grandes fabricantes do mercado nacional lançaram suas versões simplificadas com motores 1000 cilindradas para competir nesta nova faixa de mercado. Posteriormente, outras fabricantes que se instalaram no Brasil seguiram este mesmo modelo, como o Renault Clio e o Peugeot 106.



Figura 3: Volkswagen Gol 1000, versão “popular” da linha.

Fonte: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/classicos-o-popular-vw-gol-1000/> Acesso em 04 jan 2020.

Aos poucos, com o sucesso do “carro 1000”, a estratégia das fabricantes mudou da simplificação de um modelo já existente para o desenvolvimento de um produto próprio para os veículos “de entrada”, passando a projetar carros especificamente para o segmento. Atualmente os modelos possuem desde versões mais básicas (“populares”) até as mais equipadas, chamadas “compactos premium”. Mesmo nas versões mais simples, esses veículos são modelos esteticamente mais apurados, de forma a não parecerem “populares”. Segundo [1], “a condição para a formação do conceito de valor é a aparência estética dos produtos”. Tal recurso faz com que o estigma de “popular” - termo constantemente relacionado a produtos baratos e/ou de qualidade duvidosa - diminua, trazendo mais autoestima ao proprietário de carros em faixas de preço mais acessíveis.

O desenho atual dos automóveis propicia identificar

nos chamados “populares” uma mudança de paradigma do ponto de vista estético. Saem as linhas simples, sejam quadradas ou arredondadas, e aparecem desenhos mais rebuscados, com vincos, entalhes e demais artifícios para que o modelo não aparente simplicidade extrema. Torna-se imperativo que o carro seja “bonito”. Produtos como o Renault Logan e o Toyota Etios, modelos “de entrada” que prezam pela simplicidade de formas, sofreram no Brasil na época dos lançamentos com o estigma de serem carros “feios” devido às suas linhas quadradas. Tal fato ficou tão evidente que a própria Renault, na ocasião do lançamento da segunda geração do Logan, veiculou uma propaganda que fazia chacota com o fato da versão anterior ser feia e a atual ter ficado bonita¹.

Essa mudança na estética dos carros “populares” dá-se, fundamentalmente, pela preferência dos próprios consumidores. Conforme [3], “no Brasil, terra do carro popular de motor 1000 cc, o fabricante tem dificuldade de vender um carro simples que não apresente um estilo atraente”. Nas décadas de 1960 e 1970, as fabricantes procuravam manter a estética padrão dos automóveis, apenas removendo adornos, já que a produção de um novo modelo era bastante cara. Atualmente, são desenvolvidos projetos “do zero”, buscando atender o desejo do consumidor por produtos com aparência mais sofisticada.

Tal exigência também é vista em [10], para quem “os populares, no Brasil, nem de longe têm o mesmo apelo que tinham há três décadas”. Para ele, os tais “populares” são básicos até demais, sendo que o consumidor prefere um produto mais refinado. [3] ainda afirma que, entre as fabricantes, “o maior desafio é conciliar preço e estilo, fazendo um automóvel bonito e baratinho”.

Materiais e Métodos

Para medir a percepção do usuário quanto à função do produto a partir da sua estética, foi preparado e aplicado um questionário de Diferencial Semântico com 24 automóveis de diversas categorias (“populares,” “familiares,” “off-roads,” “clássicos” e “esportivos”), selecionados a partir de consultas em revistas e fóruns automotivos especializados², livros [3, 5, 7] e pré-testes, com o objetivo de elencar o(s) mais representativo(s) em cada quesito. O teste foi disponibilizado por meio de formulário on-line, no período entre 2 e 5 de outubro de 2019. Os participantes responderam voluntariamente acessando o link, sendo necessário ler e aceitar o TCLE (termo de consentimento livre e esclarecido), informar e-mail de contato e, então, declarar o nível de entusiasmo por automóveis entre 1 (nada entusiasta) e 5 (muito entusiasta).

1- Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=uSXbl6Tylv8>. Acesso em 04 jan 2020.

2- 4x4brasil.com.br, FlatOut!, Motor1, revista Quatro Rodas.

O questionário contava com cinco perguntas e uma escala de avaliação para cada um dos automóveis, apresentados de maneira randomizada. Foram selecionados, para a categoria analisada, os quatro modelos “populares” mais vendidos no mercado nacional durante o primeiro semestre do ano de 2019, segundo a FENABRAVE³ (GM Onix, Ford Ka, Renault Kwid e Hyundai HB20) (Figura 4).



Figura 4: GM Onix, Ford Ka, Hyundai HB20 e Renault Kwid selecionados para o estudo.

Fonte: Site das montadoras Chevrolet, Ford, Hyundai e Renault (2019).

Para fins de comparação, foram utilizados dois carros apresentados no questionário como clássicos, porém vendidos como “populares” em outras épocas: o VW Fusca (Figura 5) na versão mais atual vendida no Brasil (apelidada de “Itamar”), e o Fiat Uno CS (Figura 6), a versão mais completa no lançamento.



Figura 5: Volkswagen Fusca versão “Itamar”, o último modelo vendido no Brasil

Fonte: <http://motor1.uol.com.br/news/119677/carros-para-sempre-fusca-itamar-marcou-a-volta-dos-populares/> Acesso em 12 jan 2020.



Figura 6: Fiat Uno CS

Fonte: <http://revistaautoesporte.globo.com/Revista/Autoesporte/foto/0,,63176924,00.jpg> Acesso em 12 jan 2020.

A avaliação contou apenas com as imagens dos carros - obtidas de sites, propagandas oficiais das montadoras ou de veículos de comunicação -, incluindo os nomes dos automóveis e das montadoras, motorização da versão, potência do motor, quantidade de lugares e capacidade do porta-malas. Não foram especificados o ano ou o preço de cada carro, nem em qual categoria estava sendo analisado, esperando-se que os respondentes pudessem identificar a categoria “popular” (e outras) a partir da percepção pessoal. A opção pelas versões “top de linha” se deu por estarem, em teoria, mais completos em termos estéticos. Com isso evitou-se que o uso de imagens com os modelos completamente espartanos influenciasse no teste, fazendo com que, imediatamente, o respondente identificasse o modelo “popular” devido à estética desprovida de detalhes.

O formulário apresentava questões relevantes também às outras categorias analisadas na pesquisa, que deveriam

3- Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores.

ser respondidas. A pergunta que identificava a classificação dos “populares” era sobre o preço de compra do produto. Para isso, o respondente deveria marcar na escala de avaliação com cinco pontos em que ponto o veículo estava, na sua percepção, entre “não popular” (1) e “popular” (5). Ao responder sobre um modelo, o questionário passava para o próximo carro e não permitia retorno, evitando, assim, possíveis mudanças nas respostas.

Resultados

O estudo contou com respostas de 109 participantes. O nível médio de entusiasmo autodeclarado foi 2,86 (d.p. 1,27; Md 3). As respostas foram tabuladas e processadas para obtenção das medianas, médias e desvios padrão de cada modelo em cada categoria avaliada:

- GM Onix (média = 2,94, d.p. 1,17, Md 3)
- Renault Kwid (média = 3,64, d.p. 1,31, Md 4)
- Ford Ka (média = 3,84, d.p. 1,27, Md 4)
- Hyundai HB20 (média = 3,41, d.p. 1,20, Md 4)
- VW Fusca (média = 4,27, d.p. 1,04, Md 5)
- Fiat Uno (média = 4,67, d.p. 0,83, Md 5)

A análise estatística foi aplicada a partir da verificação da normalidade das amostras por meio do teste de Shapiro-Wilk, cujo resultado apontou a não normalidade ($p \leq 0,05$). Tal teste mostra se a distribuição da população que respondeu o teste é homogênea (normal, caso atinja o valor maior que o nível de significância $p > 0,05$) ou heterogênea (não normal, caso $p \leq 0,05$). Levando em conta a não normalidade (distribuição heterogênea da população respondente, ou $p \leq 0,05$), foi utilizado o teste de inferência não paramétrico de *Friedman 2-way ANOVA*. Esse teste faz a comparação entre pares, um a um, para checar se a diferença dos valores médios atingidos pelas amostras é estatisticamente significativa. Procurou-se, assim, validar os resultados obtidos que indicam diferenças entre os carros analisados do ponto de vista do respondente.

Valores estatisticamente distintos mostram que há, claramente, uma visão diferente sobre cada carro. Os resultados apontaram inexistência de diferença significativa dentre os pares de carros Kwid e Ka; Onix e HB20; Ka e Fusca; HB20 e Kwid (tabela 1). Isto denota que essas amostras, do ponto de vista estatístico, são similares para os respondentes.

Os valores de mediana apontaram similaridade entre as amostras Fusca e Uno (Md 5) e entre HB20, Ka e Kwid (Md 4), tendo o Onix atingido mediana 3. Tais dados mostram que o Fusca e o Uno aparentam ser os mais populares, seguidos pelos automóveis Kwid, Ka e HB20. Para eles, o Onix ficou em uma posição intermediária entre “não popular” e “popular”.

Tabela 1: Comparação dos pares por teste de inferência *Friedman 2-way ANOVA*.

Resultado geral - 109 respondentes					
	Ford Ka	Hyundai HB20	Renault Kwid	VW Fusca	Fiat Uno
GM Onix	0,00	0,72	0,00	0,00	0,00
	Ford Ka	0,02	1,00	0,53	0,00
Legenda:		Hyundai HB20	0,51	0,00	0,00
Há diferença estatística ($p \leq 0,05$)			Renault Kwid	0,03	0,00
Não há diferença estatística ($p > 0,05$)				VW Fusca	0,04

Foram analisados, ainda, os dados por nível de entusiasmo autodeclarado dos respondentes. Para tal, considerou-se os níveis 1 e 2 como não-entusiastas, o nível 3 como parcialmente entusiastas e os níveis 4 e 5 como entusiastas. Entre os não-entusiastas (níveis 1 e 2), foram obtidos os seguintes dados:

- Onix (média = 2,84, d.p. 1,23, Md 3)
- Kwid (média = 3,23, d.p. 1,36, Md 3)
- Ka (média = 3,70, d.p. 1,30, Md 4)
- HB20 (média = 3,12, d.p. 1,29, Md 3)
- Fusca (média = 4,21, d.p. 1,10, Md 5)
- Uno (média = 4,58, d.p. 0,98, Md 5)

No nível 3, dos parcialmente entusiastas, os dados foram os seguintes:

- Onix (média = 2,84, d.p. 1,27, Md 3)
- Kwid (média = 3,61, d.p. 1,43, Md 4)
- Ka (média = 3,68, d.p. 1,49, Md 4)
- HB20 (média = 3,23, d.p. 1,28, Md 4)
- Fusca (média = 4,39, d.p. 0,95, Md 5)
- Uno (média = 4,81, d.p. 0,60, Md 5)

Entre os mais entusiastas, autodeclarados nos níveis 4 e 5, foram encontrados os dados a seguir:

- Onix (média = 3,17, d.p. 0,98, Md 3)
- Kwid (média = 4,17, d.p. 0,92, Md 4)
- Ka (média = 4,17, d.p. 0,92, Md 4)
- HB20 (média = 3,94, d.p. 0,80, Md 4)
- Fusca (média = 4,23, d.p. 1,06, Md 5)
- Uno (média = 4,66, d.p. 0,80, Md 5)

A normalidade dos dados foi também verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk, para cada um dos três grupos, considerando como significância $p \leq 0,05$. A partir da identificação da não normalidade, foram executados testes de inferência não paramétricos de *Friedman 2-way ANOVA*, para comparação dos pares em cada grupo. Identificou-se a inexistência de diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre Onix e Ka, entre HB20 e Ka, entre Onix e HB20, entre Onix e Kwid, entre HB20 e Kwid, entre Ka e Kwid, entre Ka e Fusca e entre Uno e Fusca (tabela 2), para o grupo dos não entusiastas.

Tabela 2: Comparação dos pares por teste de inferência *Friedman* 2-way ANOVA.

Resultado - Não entusiastas (níveis 1 e 2)					
	Ford Ka	Hyundai HB20	Renault Kwid	VW Fusca	Fiat Uno
GM Onix	0,13	1,00	1,00	0,00	0,00
	Ford Ka	0,65	1,00	1,00	0,01
Legenda:		Hyundai HB20	1,00	0,00	0,00
Há diferença estatística ($p \leq 0,05$)		Renault Kwid	0,04	0,00	
Não há diferença estatística ($p > 0,05$)			VW Fusca	1,00	

Para os parcialmente entusiastas, o teste apontou diferença não significativa entre os mesmos pares, acrescentando Fusca e Kwid (tabela 3).

Tabela 3: Comparação dos pares por teste de inferência *Friedman* 2-way ANOVA.

Resultado - Parcialmente entusiastas (nível 3)					
	Ford Ka	Hyundai HB20	Renault Kwid	VW Fusca	Fiat Uno
GM Onix	0,09	1,00	0,19	0,00	0,00
	Ford Ka	0,73	1,00	1,00	0,02
Legenda:		Hyundai HB20	1,00	0,01	0,00
Há diferença estatística ($p \leq 0,05$)		Renault Kwid	1,00	0,00	
Não há diferença estatística ($p > 0,05$)			VW Fusca	1,00	

Para os mais entusiastas foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os pares Onix e Ka; Onix e Kwid; Onix e Fusca; Onix e Uno; HB20 e Uno (tabela 4).

Tabela 4: Comparação dos pares por teste de inferência *Friedman* 2-way ANOVA.

Resultado - Entusiastas (níveis 4 e 5)					
	Ford Ka	Hyundai HB20	Renault Kwid	VW Fusca	Fiat Uno
GM Onix	0,00	0,56	0,01	0,00	0,00
	Ford Ka	1,00	1,00	1,00	0,32
Legenda:		Hyundai HB20	1,00	0,95	0,00
Há diferença estatística ($p \leq 0,05$)		Renault Kwid	1,00	0,27	
Não há diferença estatística ($p > 0,05$)			VW Fusca	1,00	

Os valores de mediana apontaram similaridade entre as amostras nos três diferentes grupos - Fusca e Uno, sempre com mediana 5, e Ka, sempre com mediana 4, sendo que Kwid e HB20 tiveram uma diferença no grupo dos não entusiastas (níveis 1 e 2) com mediana 3, enquanto nos outros dois grupos obtiveram mediana 4.

Assim, para o grupo dos não entusiastas (1 e 2), Uno e Fusca continuam sendo os mais “populares”, seguidos do Ka. Para eles, Onix, Kwid e HB20 são intermediários entre “populares” e “não populares”. Já entre os parcialmente entusiastas (3) e entusiastas (4 e 5), a percepção é que os mais “populares” são Uno e Fusca, seguidos de Kwid, Ka e HB20, sendo o Onix intermediário entre “popular” e “não popular”.

Discussão dos resultados

Do ponto de vista estatístico, a partir da análise dos resultados par a par apresentados, o único modelo que pode ser considerado como mais “popular” é o Uno. Porém, para a maioria dos respondentes, quando se observa apenas os valores das medianas, tanto Fusca quanto Uno foram considerados do mesmo modo, ou seja, na categoria mais “populares”. Ambos os modelos obtiveram mediana 5, independentemente do nível de entusiasmo existente em relação a automóveis. Ao se observar os dados gerais, em cada um dos grupos estudados (não entusiastas, parcialmente entusiastas e mais entusiastas), os valores de mediana desses dois modelos foram os mesmos.

Apesar dos valores obtidos pelo Uno levarem-no a ser considerado o mais popular dentre os apresentados, de maneira estatisticamente significativa no grupo geral, essa diferença desaparece quando se observa a análise isolada dos grupos. Nessas situações, não se identificam diferenças significativas sobre o Fusca. Por sua vez, o Fusca não se destacou sobre o Ka em nenhum dos três grupos, sobre o Kwid nos grupos dos parcialmente entusiastas e dos mais entusiastas e sobre o HB20 no grupo dos mais entusiastas. A diferença do Fusca nos três grupos só aparece pelas medianas (de valor 5, ao passo que os outros veículos obtiveram valores entre 3 e 4).

Considerando que o diferencial semântico aplicado teve como objetivo analisar a percepção do produto por meio da estética, os valores obtidos permitem identificar que as formas mais simples do Uno e do Fusca se destacam em relação aos outros carros fazendo com que sejam vistos como “mais populares”. As medianas de valor 5, tanto no grupo geral quanto nos grupos isolados, apontam para a percepção de valores de compra mais baixo para esses dois modelos. Já o Onix (Md 3 nos três grupos e no grupo geral), o Kwid e o HB20 (Md 3 apenas entre os não entusiastas) trazem uma sensação de serem carros de valor mais alto para parte dos respondentes.

Seria esperado que o Kwid - lançado no final de 2017 no mercado nacional, amplamente divulgado nas mídias como o carro mais barato entre as grandes montadoras⁴, custando R\$ 29.900⁵ em sua versão mais básica (aproximadamente US\$ 7.500 no período anunciado), e tendo sido o 4º automóvel mais vendido no ano de 2019, conforme a FENABRAVE - tivesse um resultado mais próximo dos clássicos “populares” Uno e Fusca. Porém, isso aconteceu só entre o grupo dos mais entusiastas. Esse fato pode ter ocorrido devido a essas pessoas terem por característica o fato de serem mais atentas aos fatores preço e versões dos veículos.

4- Exclui-se aqui o Cherry QQ, que apesar de custar menos à época era comercializado apenas por importação.

5- Disponível em <https://motor1.uol.com.br/features/179088/carros-mais-baratos-brasil/> acesso em 10 jan 2020.

O uso das versões chamadas “top de linha” no teste permitiu identificar que a estética do Uno e do Fusca, para os respondentes, impactou como sendo de modelos mais baratos, mesmo quando considerados os modelos mais completos. O mesmo aconteceu com o Ka, com a versão “premium” apresentada nos testes, que obteve mediana 4. Frisa-se que o fato de Fusca e Uno, mesmo fora de linha há anos, serem modelos tradicionais e bem conhecidos do público consumidor brasileiro, constitui uma possível forte influência nos resultados observados.

A longevidade no mercado também pode ter influenciado os resultados obtidos pelo Ka, lançado no mercado nacional em 1997 e, portanto, também já bastante conhecido do público em geral. Em termos estatísticos, foi o que mais se aproximou de Uno e Fusca. Além de a mediana ser igual a 4 em todas as análises, as médias não traziam diferenças significativas estatisticamente entre os pares com o Fusca e o Kwid em todos os grupos, além de não ter diferença significativa com o Uno entre os entusiastas. Porém, qualquer afirmação no sentido de que o tempo de vida no mercado pode influenciar diretamente na percepção estética do modelo em relação ao seu preço de compra é inapropriada de ser tirada neste estudo. Ainda assim, identificar o Uno e o Fusca como os automóveis mais populares em todos os grupos corresponde ao esperado quando se considera a história de ambos os veículos e corrobora com o apresentado em [3].

Por fim, o Chevrolet Onix, apontado por todos os grupos analisados como “o menos popular” (Md 3), destaca-se. Diferentemente de um carro com aparência simples e poucos equipamentos, o consumidor enxerga no Onix um veículo que “não tem cara de ser tão popular” – o que é ideal para quem busca um carro que aparenta ser mais caro. Entende-se, portanto, que apesar do Onix ser o modelo de entrada da fabricante, devido à sua estética ele não é percebido pelos respondentes dessa maneira.

Conclusões

Os chamados “compactos *premium*” – mais novos e com desenhos mais atuais, porém mantendo apenas equipamentos essenciais – serão dominantes na tendência da estética para o projeto de veículos “populares”, uma vez que tendem a possuir um visual estético que os aproxima das versões mais caras dos mesmos modelos. A GM ainda mantém o Onix da geração anterior, chamado agora de Joy, para atender à demanda de quem busca um carro mais barato. Conclui-se, portanto, que, ao adquirir um veículo com desenho mais atual, o consumidor não se enxerga dentro de um carro “popular”.

Os resultados obtidos mostram que a estética do produto pode ser o diferencial para que se crie uma identificação entre o usuário e o automóvel. Tal fato é corroborado pelo fato do GM Onix, carro mais vendido em 2019 e o mais barato da fabricante no Brasil, possuir uma estética rebuscada

e não ser visto pelo público respondente, nem mesmo pelos autodeclarados entusiastas, como um automóvel “popular”.

O estudo apresenta limitações metodológicas relacionadas à abrangência e à aleatoriedade da amostra. Embora a amostra de 109 respondentes pareça ser escassa em relação à população usuária dos automóveis, considera-se que, como análise de caso, é relevante observar as relações entre o design de produto e estratégias de marketing, inclusive de grandes empresas multinacionais. Assim, possibilita-se que futuros estudos sobre a temática possam ser desenvolvidos, considerando diferentes aspectos (p.e. geográficos ou sociais) que possam influenciar a análise da relação entre a concepção do produto e as estratégias de marketing, contribuindo assim para a compreensão do ato de consumo na sociedade contemporânea.

A análise realizada mostrou que a relação do consumidor com o produto faz com que ele opte, em caso de similaridade nos preços de venda, pelo carro que combina mais com o que deseja aparentar no meio social. Isso faz com que as montadoras e seus designers direcionem os projetos dos carros “de entrada” para produtos com aparência “*premium*”, com desenhos mais atuais, porém mantendo apenas equipamentos essenciais.

O consumidor de automóveis “populares” no Brasil não se interessa mais pela compra de um veículo espartano e esteticamente pobre se não for por extrema necessidade ou por questões unicamente financeiras. Nos lançamentos mais recentes das montadoras já se identifica a tendência de migração do processo de simplificação de modelos já existentes para o desenvolvimento de novos produtos, que abarquem versões mais diversificadas em termos de preço final. Mesmo que seja necessário assumir um custo um pouco maior, o consumidor tende a pender para o modelo mais “bonito” ou mais atual.

Considerando que a compra de um automóvel envolve suprir a necessidade do usuário e trazer a ele prazer, além de lucro para as montadoras, cabe às fabricantes entenderem os anseios do público-alvo para, então, lançarem produtos que atendam requisitos de seu consumidor, inclusive sob o ponto de vista cultural. Sendo o carro “popular” um produto de sucesso, visto a condição econômica média da população, é importante desenvolver o modelo de maneira a se adequar às necessidades de seu usuário.

Agradecimentos

O presente trabalho é parte das atividades do Projeto DINTER UFMA/UNESP e foi desenvolvido com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES); da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA – edital 012/2016, processo 04206/2016) e do CNPq (Processo 304619/2018-3).

Referências bibliográficas

1. LÖBACH, Bernd. *Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais*. 1a. ed. São Paulo: Blucher, 2001. 206 p.
2. DE VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. *Mobilidade Urbana: O que você precisa saber*. São Paulo: Companhia das Letras, 2013. E-book Kindle.
3. LARICA, Neville Jordan. *Design de transportes: Arte em função da mobilidade*. 1a. ed. Rio de Janeiro: 2AB / PUC-Rio, 2003. 216 p.
4. CONTESINI, Leonardo. *Muito antes do Kwid: os (sensacionais) carros depenados do passado*. 2017. Disponível em: <<https://www.flatout.com.br/muito-antes-do-kwid-os-sensacionais-carros-depenados-do-passado/>>. Acesso em: 21 dez. 2019.
5. GIUCCI, Guillermo. *A vida cultural do automóvel: percursos da modernidade cinética*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2004. 367 p.
6. SIMCOE, Michael. [Entrevista concedida a] Dan Sandberg. *Brembo Red, Itália, episódio 2*. Disponível em: <<https://www.brembo.com/en/company/news/brembo-red-episode-2#>> Acesso em: 10 dez. 2019.
7. HEPTINSTALL, Simon (ed.). *1001 Carros: Para dirigir antes de morrer*. 1. ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2013. 960 p.
8. ATIYEH, Clifford. *Where's Willys: The 30-Plus Easter Eggs We Found on the Jeep Renegade*. 2015. Disponível em: <<https://www.caranddriver.com/features/g15380362/jeep-renegade-easter-eggs/>>. Acesso em 21 dez. 2019.
9. KOCH, Silvia Orsi. STEYER, Henrique. *Uau!: design, emoção e experiência*. 1. ed. Curitiba: Appris, 2016. E-book Kindle.
10. HERNANDES, Dalmo. *Afinal, quem inventou o carro popular?*. 2019. Disponível em: <<https://www.flatout.com.br/afinal-quem-inventou-o-carro-popular/>>. Acesso em: 21 dez. 2019.
11. OCDE / Eurostat. *Manual de Oslo 2018: Diretrizes para coletar, relatar e usar dados sobre inovação*. 4. ed. Luxemburgo: OCDE Publishing, Paris / Eurostat, 2019.
12. SILVA, Danilo Correa; BOTURA JR, Galdenoro; PASCHOARELLI, Luis Carlos. *Inovação e pesquisa em design nas universidades brasileiras*. Design e Tecnologia, v. 3, n. 06, p. 1-12, 31 dez. 2013.
13. MERCALDI, Marlon; BARCELLOS, Ekaterina; BOTURA JR, Galdenoro. *Uma visão conceitual da inovação no design brasileiro. Fourth international conference on design, engineering, management for innovation*. p. 45-55, 2015.
14. HERNANDES, Dalmo. *Quais são os carros mais vendidos de todos os tempos ao redor do mundo?*. 2016. Disponível em: <<https://www.flatout.com.br/quais-sao-os-carros-mais-vendidos-de-todos-os-tempos-ao-redor-do-mundo/>>. Acesso em: 12 jan. 2019.
15. PEREIRA, Fabiano. *Fiat Uno Mille: o carro das multidões*. 2016. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/fiat-uno-mille-o-carro-das-multidoes/>>. Acesso em: 10 dez. 2019.
16. CESAR, Julio. *Carros para sempre: Uno Mille, a história do precursor dos “populares”*. 2013. Disponível em: <<https://motor1.uol.com.br/news/117608/carros-para-sempre-uno-mille-a-historia-do-precursor-dos-populares/>>. Acesso em: 12 jan. 2020.
17. GRECO, Enio. *Saiba quanto custariam os carros populares da década de 1990 nos valores atuais*. 2019. Disponível em: <https://estadodeminas.vrum.com.br/app/noticia/noticias/2019/06/29/interna_noticias,53725/quanto-custariam-os-populares-da-decada-de-1990-em-valores-atuais.shtml>. Acesso em: 21 dez. 2019.

Una revisión de los sistemas recomendadores grupales como herramienta innovadora en el área del turismo

A survey on group recommender systems as an innovative tool in the tourism area

Yilena Pérez-Almaguer¹, Neober Martín-Dueñas², Edianny Carballo-Cruz³, Raciél Yera^{3,*}

¹ Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.

² Hotel Pullman Cayo Coco, Ciego de Ávila, Cuba.

³ Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba.

*E-mail: ryera@unica.cu

Recibido: 05/02/2021; Aprobado 15/04/2021

Resumen

Los sistemas recomendadores son herramientas enfocadas en ayudar a los usuarios a obtener la información que mejor se corresponde con sus intereses y preferencias en un espacio de búsqueda sobrecargado de posibles opciones. A su vez, los sistemas recomendadores grupales se centran en la sugerencia de determinados tipos de ítems que tienden a ser consumidos en grupos. El presente trabajo se centra en realizar un análisis de la utilización de los sistemas recomendadores grupales como herramienta innovadora en el área del turismo, la cual constituye una de las áreas de aplicación más importantes de los sistemas recomendadores. Específicamente, se lleva a cabo un estudio de los trabajos más recientes en esta línea de investigación, realizándose una comparación atendiendo a tipo de estudio, tipo de evaluación, escenario de aplicación, fortalezas, debilidades y país en que se desarrolla el estudio. Esta comparación dio lugar a la proyección de líneas futuras entre las que se destaca el desarrollo de investigaciones de ciclo completo que incluyan nuevos algoritmos y metodologías que concluyan con un extenso estudio experimental que garantice una apropiada reutilización de los métodos propuestos.

Palabras clave: Sistemas Recomendadores Grupales; Turismo; Preferencias; Revisión; Comparación.

Abstract

Recommender systems are tools focused on helping users to get the information that best fits their preferences and needs in a search space overloaded with possible alternatives. In addition, group recommender systems are centered on suggesting certain kind of items that tend to be consumed in groups. The current research work is focused on performing an analysis of the use of group recommender systems as an innovative tool in the tourism area, which is one of the most relevant application areas in recommender systems. Specifically, it is performed a study of the most recent research works in this area, doing a comparison among them according to kind of study, kind of evaluation, application scenario, strengths, weaknesses, and country. This comparison leads to the projection of future research lines such as the development of new algorithms and methodologies that concludes with an extensive experimental study that assures the appropriate reuse of the proposed methods.

Keywords: Group Recommender Systems; Tourism; Preferences; Survey; Comparison.

Introducción

Los sistemas recomendadores son herramientas enfocadas a ayudar a los usuarios a obtener aquella información que mejor se corresponda con sus intereses y preferencias. Mientras que un buscador habitual se centra en encontrar aquello que el usuario solicita, un sistema recomendador ayuda al usuario a tomar una decisión, que puede ser la compra de un producto en un portal de comercio electrónico, la lectura de un libro, la revisión de un artículo científico, el acceso a una página web en específico, o el estudio de determinado recurso educativo en una platafor-

ma virtual de aprendizaje.

La clasificación más popular de los sistemas recomendadores está asociada al algoritmo que emplean para realizar la tarea de minería correspondiente y divide a los métodos de recomendación en métodos de filtrado basado en el contenido, métodos de filtrado colaborativo, métodos de filtrado demográfico y métodos híbridos [1-4]. En adición, la literatura ha desarrollado tanto sistemas recomendadores para la sugerencia de ítems para usuarios individuales, como enfocados en grupos de usuarios [5]. Así, los sistemas recomendadores enfocados en grupos de usuarios se centran en la sugerencia de determinados tipos

de ítems que tienden a ser consumidos en grupos y no por usuarios individuales, tales como programas de televisión y paquetes turísticos [6].

De manera general, los dominios iniciales de aplicación de los sistemas recomendadores han sido el *e-commerce* [7] y el *e-learning* [8, 9], aunque en los últimos tiempos estos sistemas están siendo aplicados a escenarios cada vez más diversos [10-12]. Así, son relevantes las aplicaciones de los sistemas recomendadores en escenarios de *e-health* [13] y de *e-tourism* [14], como dos contextos relevantes de particular importancia.

Específicamente, resulta importante en los últimos años el desarrollo de sistemas recomendadores en el dominio del turismo [10]. En este dominio existe mucha información en línea disponible y por tanto los sistemas recomendadores juegan un papel muy importante con vistas a ayudar a los usuarios en la toma de decisiones sobre qué paquete turístico comprar, qué instalación hotelera visitar, o qué recorrido turístico elegir, entre otras decisiones similares a tomar con vistas a lograr la satisfacción final del cliente [15].

En este sentido, a pesar de ser un área con bastante desarrollo [16, 17], se ha identificado en la literatura una ausencia de trabajos de revisión que realicen un análisis global de dichos avances en el caso particular del desarrollo de sistemas recomendadores grupales en el área del turismo. Lo anterior sirve como motivación para el desarrollo del presente trabajo, el cual tiene como principales contribuciones las siguientes:

- El desarrollo de una revisión detallada de las contribuciones enfocadas en sistemas recomendadores grupales en el área del turismo.
- El desarrollo de una comparación entre los trabajos identificados, resaltando las fortalezas y debilidades en cada caso.
- Un análisis de líneas futuras de trabajo a seguir en esta área de investigación, considerando el contexto contemporáneo de innovación en el que se desarrolla la industria del turismo.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera. La sección 2 presenta varios elementos básicos sobre sistemas recomendadores, esenciales para la comprensión del trabajo. Esto incluye el principio de funcionamiento y clasificación de los sistemas recomendadores, aplicaciones de los sistemas recomendadores en el turismo y fundamentos de recomendación grupal. La sección 3 presenta el desarrollo de la revisión, incluyendo metodología y análisis de los trabajos. La sección 4 presenta la discusión de los resultados, realizando una comparación entre los trabajos identificados, atendiendo a tipo de estudio, tipo de evaluación, escenario de aplicación, fortalezas, debilidades y país en que se desarrolla el estudio. En adición, se proyectan las líneas futuras a desarrollar. El trabajo finaliza con la sección de conclusiones.

Elementos básicos sobre sistemas recomendadores

La presente sección realiza un estudio de los elementos básicos sobre los sistemas recomendadores, tales como el principio de funcionamiento y clasificación de los sistemas recomendadores, aplicaciones de los sistemas recomendadores en el turismo, y fundamentos de recomendación grupal.

Principio de funcionamiento y clasificación de los sistemas recomendadores

La figura 1 muestra un esquema del funcionamiento básico de un sistema recomendador, en el que inicialmente un usuario necesita elegir qué ítems consumir dentro de un gran conjunto, y para esto le solicita sugerencias al sistema (1). Tras esto, el recomendador procesa la información asociada a los ítems y a todos los perfiles de usuario (incluyendo el usuario actual) (2, 3), para posteriormente sugerir los ítems más apropiados (4), quedando el usuario libre de realizar la elección que él desee, basándose en estas recomendaciones (5).

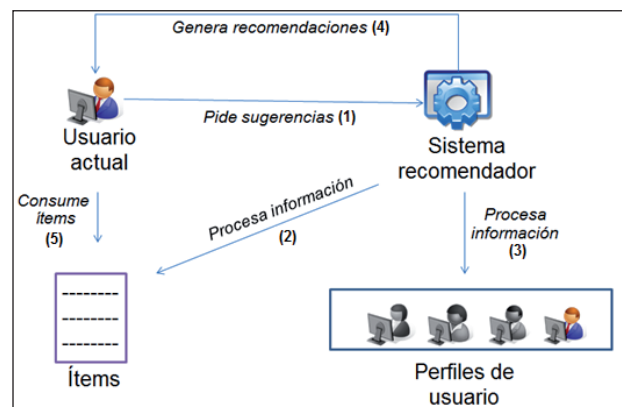


Figura 1: Esquema del funcionamiento de un sistema recomendador.

Los recomendadores basados en el contenido [18] recomiendan basándose exclusivamente en la descripción del ítem y de un perfil con los intereses del usuario activo, teniendo en cuenta la filosofía de “recomiéndame las cosas que he seleccionado o me han gustado anteriormente”. Estos sistemas se caracterizan por contener un modelo que describe los ítems que pueden ser recomendados, un modo de crear un perfil de usuario que representa los tipos de ítems que este prefiere, y un modo de comparar cada uno de los ítems a recomendar con el perfil del usuario, para determinar cuáles de ellos serán recomendados.

Los ítems a ser recomendados suelen caracterizarse a través de un conjunto de rasgos o atributos, conociéndose los valores que pueden tomar cada uno de estos atributos. Considerando el grado de preferencia de un usuario por un subconjunto de ítems y utilizando algoritmos de aprendizaje, es posible construir su perfil en términos de los mismos rasgos; y a partir de este, obtener de los ítems restantes

aquellos de mayor utilidad para el referido usuario. Las dos cuestiones más importantes en estos sistemas son, por tanto, la representación de los ítems y el aprendizaje del perfil del usuario.

Los recomendadores basados en filtrado colaborativo [19, 20], por otra parte, inicialmente permiten a los usuarios proporcionar valores de preferencias personales acerca de un conjunto de objetos (videos, canciones, filmes), de forma tal que una vez que haya suficiente información almacenada en el sistema, sea posible realizar recomendaciones basándose en la información proporcionada por aquellos usuarios con un comportamiento semejante al del usuario actual. De forma alternativa, las preferencias de los usuarios también pueden ser adquiridas implícitamente.

Los sistemas recomendadores demográficos [21, 22] tienen como objetivo clasificar al usuario según sus atributos personales y hacer las recomendaciones basándose en sus clases demográficas. El funcionamiento de estos está justificado bajo el principio de que individuos con ciertos atributos personales en común (sexo, edad, país), también deben tener preferencias comunes.

Finalmente, los sistemas recomendadores híbridos [23] frecuentemente usan una combinación de las técnicas anteriores con vistas a explotar los méritos de cada una de ellas por separado. Así, se han desarrollado enfoques que combinan filtrado colaborativo con información demográfica [24], enfoques de filtrado colaborativo con métodos basados en el contenido [25], y enfoques que combinan diferentes técnicas de filtrado colaborativo [26]. Burke [23] menciona siete formas básicas en las que se pueden combinar varios métodos de recomendación, con vistas a construir métodos híbridos. Estas son las basadas en mezcla, en pesos, en intercambio, en cascada, en combinación de características, en aumento de características y en meta-nivel.

Aplicaciones de los sistemas recomendadores en el turismo

Numerosas han sido en los últimos años las aplicaciones en el área de los sistemas recomendadores. Lu et al. [10] han realizado una revisión de las principales áreas de aplicación, identificando ocho grandes grupos de trabajos, que son *e-government*, *e-business*, *e-commerce*, *e-library*, *e-learning*, *e-tourism*, *e-resources* y *e-group activity*.

En el caso particular del turismo electrónico o *e-tourism*, Chaudhari y Thakkar [17] y Renjith et al. [16] han recientemente elaborado una revisión de los trabajos disponibles en el estado del arte de esta área de investigación. Entre las categorías identificadas para agrupar a los trabajos realizados, se encuentran los sistemas recomendadores de hoteles [27]; los sistemas recomendadores de restaurantes [28]; los sistemas recomendadores de paquetes turísticos que incluyen planeación de rutas y paquetes de viajes [29]; y los sistemas recomendadores de atracciones

puntuales como puntos de interés y museos [30].

A pesar de identificarse un importante grupo de trabajos en estas recientes revisiones, resulta necesario resaltar que el grueso de estos trabajos se centra en el desarrollo de sistemas recomendadores individuales. Se lleva a cabo tanto en estos recientes trabajos de revisión como en la literatura en general, un análisis muy limitado de trabajos centrados en la recomendación grupal. Esto se contrapone con la naturaleza de muchos productos turísticos, los cuales son consumidos en grupo.

A raíz de lo anterior, el presente trabajo lleva a cabo un análisis de los trabajos más recientes enfocados en la tarea de la recomendación grupal en el dominio del turismo.

Fundamentos de la recomendación grupal

En la presente sección se realiza un breve análisis de los fundamentos de la recomendación grupal, el cual resulta necesario en el contexto del presente trabajo.

Los sistemas recomendadores grupales han ganado en popularidad en los últimos años [5, 6], considerando que existe un grupo de ítems tales como programas de televisión y paquetes turísticos, que poseen una tendencia a ser consumidos por grupos y no por usuarios individuales. En este escenario, la recomendación de ítems que satisfagan las preferencias del grupo, puede llegar a ser una tarea compleja en comparación con la de la recomendación individual.

Con vistas a cumplir su propósito, los sistemas recomendadores grupales usualmente se construyen como una extensión de los sistemas recomendadores individuales, apoyándose en la agregación de la información asociada a cada usuario individual. Los dos enfoques principales de recomendación grupal abordados por la literatura son:

- La agregación de *ratings*, la cual crea el perfil de un pseudo-usuario que combina las preferencias del grupo. Este perfil es usado como el receptor final de las recomendaciones generadas, con vistas a satisfacer las preferencias globales del grupo [5, 31].
- La agregación de recomendaciones, la que se basa en la agregación de las recomendaciones generadas de manera individual a cada uno de los miembros del grupo, con vistas a obtener la lista global de recomendaciones [5, 31].

Desarrollo de la revisión

La presente sección desarrolla la revisión de los sistemas recomendadores grupales como herramienta innovadora en el área del turismo. Inicialmente se presenta la metodología llevada a cabo en el proceso de revisión. En un segundo momento, se realiza el análisis de los trabajos identificados.

Metodología

En la presente sección se muestra la metodología a seguir para la revisión de los trabajos recientes en sistemas recomendadores grupales aplicados al turismo, acorde a otras revisiones anteriores en otras líneas de trabajo en sistemas recomendadores [32].

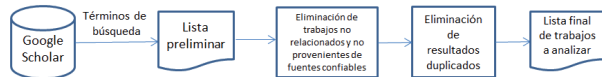


Figura 2: Metodología a seguir durante el proceso de revisión.

La figura 2 presenta un esbozo de esta metodología, la cual se compone de los siguientes pasos:

- Obtención del listado inicial de posibles trabajos a analizar, a partir de Google Scholar. Con este fin, se utiliza como cadena de búsqueda “group recommender systems tourism”, analizándose los 100 primeros trabajos devueltos, desde 2016 hasta la fecha (Diciembre 2020). En este sentido, se considera interesante el estudio de la tendencia de la investigación en esta línea en estos últimos cinco años, tomando en cuenta que para etapas previas se ha reportado poco desarrollo en esta dirección [31, 33]. Asimismo, si bien se identificó un número de trabajos más allá de estos primeros 100 trabajos, se detectó que por encima de esta cifra los resultados obtenidos se alejaban del propósito de esta revisión, y por tanto no fueron considerados para un análisis más profundo.

- Eliminación de trabajos no relacionados y no provenientes de fuentes confiables. Aquí se dejaron de considerar del listado inicial, algunos trabajos que no abordan el problema de la recomendación grupal en turismo a pesar de ser obtenido con la cadena de búsqueda utilizada. En adición, se dejaron de considerar trabajos que no cumplieran con criterios de calidad como la indización en bases de datos reconocidas como Web of Science, Scopus, Scielo; o publicados por editoriales reconocidas en el área de las ciencias de la computación, como Elsevier, Springer, Wiley, o IEEE.

- Eliminación de resultados duplicados, considerando que en varios casos se detectó la publicación de varios trabajos asociados a un mismo resultado. En este escenario, se dejaron de considerar trabajos centrados en presentar resultados parciales de investigación, resultados que también forman parte de otros trabajos de mayor extensión sí incluidos en esta revisión.

Una vez llevado a cabo este proceso, se obtuvo un listado final de trabajos a analizar, conformado por 8 trabajos.

Análisis de los trabajos

En la presente sección se realiza un análisis detallado de los trabajos centrados en recomendación grupal para el área del turismo, identificados en la sección anterior.

Sistema recomendador grupal basado en relaciones sociales

Christensen et al. [34] desarrollan un sistema recomendador grupal para el dominio del turismo, que se basa en la construcción de un perfil del grupo que incorpora las relaciones sociales entre los miembros del grupo, en adición a las preferencias de estos. En adición, la generación de las recomendaciones individuales y grupales se realiza a través de una técnica híbrida que combina filtrado colaborativo, basado en contenido y demográfico.

Específicamente, las recomendaciones grupales (Figura 3) son generadas usando las preferencias del grupo, los perfiles individuales de cada miembro y las relaciones entre dichos miembros. En este trabajo, las relaciones se representan a través de una ponderación en dependencia de la categoría de esta, considerándose categorías como padre/madre, pareja, hijo/hija, amigo, colega de trabajo, etc. Dicha ponderación es utilizada en la generación del listado de recomendaciones finales.

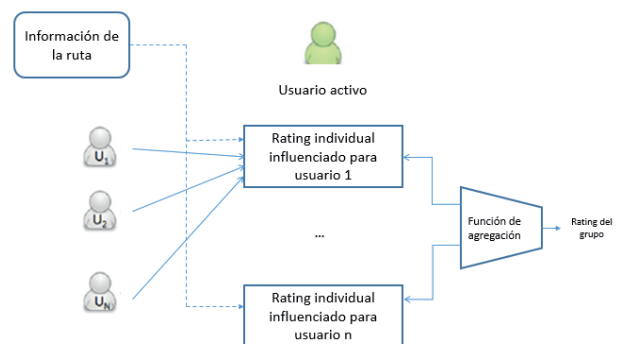


Figura 3: Funcionamiento del sistema recomendador grupal basado en relaciones sociales.

La evaluación de la propuesta se realiza a través del desarrollo de un sistema recomendador de rutas turísticas, denominado Hermes, que incluye recomendación individual y grupal. Aquí se llevó a cabo un conjunto de experimentos sobre este sistema, utilizando una base de datos creada artificialmente y compuesta por 1300 rutas y 800 usuarios. Sobre esta base de datos, se realizó la comparación entre la propuesta y otros métodos previamente desarrollados, utilizando métricas tradicionales como MAE y Precision [35]. Se muestra que la propuesta da lugar a una mejora en la eficacia de la recomendación, tanto a nivel individual como grupal.

Sistema recomendador basado en la contribución de cada miembro del grupo

Wang et al. [36] presentan un enfoque de recomendación grupal de propósito general, que tiene como meta la generación de recomendaciones tomando en consideración la contribución de cada miembro del grupo acorde a su grado de importancia. Este grado de importancia de cada

miembro es obtenido a través de una técnica de factorización matricial.

El desarrollo de un método de recomendación que tiene en cuenta este grado de importancia, posibilita una modelación del grupo mucho más precisa en escenarios donde la matriz de ratings es altamente incompleta y dispersa. En adición, también se propone un método de recomendación basado en la distancia Manhattan, que permite capturar una aproximación local de las preferencias promedio del grupo, y que permite mejorar también la eficacia de la recomendación. Ambos métodos se integran en un único enfoque que está compuesto por dos etapas que respectivamente se corresponden por cada uno de los dos mencionados métodos.

La propuesta se evalúa utilizando bases de datos internacionales de referencia en el área de los sistemas recomendadores, como Movielens y Jester. En adición, se presenta un sistema recomendador de actividades turísticas, donde se muestra la aplicación de la propuesta en este escenario. No obstante, este sistema no constituye un elemento central en el desarrollo de esta investigación.

Sistema recomendador híbrido de servicios de viajes

De Pessemier *et al.* [37] proponen un sistema recomendador que ofrece sugerencias personalizadas de destinos turísticos a usuarios individuales y a grupos. En el caso particular de los grupos, la recomendación se lleva a cabo en dos momentos. En un primer momento, las recomendaciones generadas a cada individuo particular, son combinadas utilizando una técnica de agregación de recomendaciones con vistas a conformar la recomendación grupal.

En un segundo momento, el sistema actúa como un recomendador conversacional, en el cual cada miembro tiene la posibilidad de establecer un *ranking* de sus preferencias acorde a las recomendaciones grupales candidatas. Estos *rankings* son procesados a través de la regla Borda [38], para finalmente obtener las elecciones ganadoras.

Como parte del trabajo también se propone el método de recomendación individual a utilizar, que se basa en una combinación de recomendación basada en contenido, basada en filtrado colaborativo y basada en el conocimiento. Concretamente, el método se construye como un enfoque híbrido, donde se mezclan las salidas individuales de los tres enfoques de recomendación mencionados.

La evaluación de la propuesta se realiza en tres fases. Una primera fase evalúa la calidad general del prototipo de sistema recomendador de viajes construido, para lo cual se realiza un cuestionario a los usuarios. Una segunda fase, evalúa la percepción de los usuarios sobre la calidad independiente de cada enfoque utilizado (basado en contenido, de filtrado colaborativo y basado en contenido). Finalmente, una tercera fase realiza la evaluación de la recomendación grupal, también a través de un cuestionario con grupos y usuarios reales.

Sistema recomendador soportado por un chat, en el dominio del turismo

Nguyen y Ricci [27] ilustran un nuevo enfoque para la recomendación grupal en el dominio del turismo, que toma en cuenta la dinámica de las interacciones de los individuos en el contexto real del grupo. Este enfoque se desarrolla a través de un sistema montado sobre dispositivos móviles, que monitorea y explota las interacciones de los usuarios en un grupo de discusión, y ofrece recomendaciones apropiadas así como otros tipos de sugerencias para guiar y ayudar a los miembros del grupo con vistas a llegar a un acuerdo.

La lógica de la recomendación implica la observación de las acciones de los usuarios durante el grupo de discusión, para inferir información del usuario sobre sus preferencias en el contexto específico del grupo. Esto se realiza a través del cálculo de una ponderación de cada una de las características de los ítems a recomendar, con respecto al usuario activo. Esta ponderación es subsecuentemente utilizada para calcular la utilidad de cada ítem para dicho usuario. A su vez, esta información es posteriormente utilizada para calcular los vectores de ponderación del grupo, mediante una agregación de los vectores de los usuarios en la que se realiza un promedio pesado y se considera también el rol de cada miembro del grupo.

La evaluación de la propuesta se realiza mediante un estudio de usuario centrado en medir la usabilidad de esta, la calidad percibida de las recomendaciones grupales y la satisfacción de la opción elegida por el grupo.

Recomendación turística soportada por secuenciación de puntos de interés

Herzog *et al.* [39] presentan TourRec, un sistema recomendador de rutas turísticas para individuos y grupos, en el que las rutas turísticas se definen como una secuencia de puntos de interés. Antes de utilizar el sistema, el usuario tiene la opción de evaluar diferentes categorías de puntos de interés, tales como “Arte y Entretenimiento”, “Alimentación”, etc, en un rango de 0 a 5. Tras esto, el turista puede solicitar una sugerencia de ruta especificando un origen, un destino, la hora de inicio y la duración máxima del viaje. El sistema colecta puntos de interés en las proximidades de los orígenes y destinos, les asocia una valoración acorde a las preferencias del usuario y el contexto, y los combina posteriormente hasta obtener una ruta agradable para el usuario. En adición, se estudiaron varios algoritmos para la generación del viaje, tales como extensiones del algoritmo de Dijkstra [39].

Este esquema se entiende para las recomendaciones grupales, obteniendo estas a través de la agregación de los modelos de los usuarios o de las recomendaciones individuales. Aquí se emplearon varios enfoques tradicionales de agregación como el promedio o la estrategia

del máximo. En adición se consideraron otras estrategias de agregación como agregar solo una parte de las rutas obtenidas individualmente, o fraccionar el grupo en partes específicas de estas.

La evaluación de la propuesta se realiza a través de un sistema real, con usuarios reales, construido con este fin.

Recomendador soportada por discusión y negociación de las preferencias

Álvarez y Ziegler [40] presentan un nuevo enfoque para la recomendación grupal que se centra en la interacción social entre los miembros del grupo, durante la formulación, discusión y negociación de las características que los ítems conjuntos a ser seleccionados deben poseer.

De manera particular, se proponen tres enfoques para llevar a cabo este proceso, en cuya construcción se toma en consideración el nivel sobre el cual los usuarios pueden establecer sus preferencias (nivel individual o nivel grupo), y el tipo de información sobre la cual se necesita consenso entre los usuarios, con vistas a ser finalmente considerada para la generación de recomendaciones.

El trabajo explora los posibles beneficios de este enfoque a través del desarrollo de tres prototipos de aplicaciones en el dominio de la recomendación de viajes, las que son evaluadas con grupos de usuarios de diferente tamaño. Aquí mide cuestiones relacionadas con la efectividad de los diferentes métodos para compartir la información en el grupo, y la repercusión del tamaño del grupo en el proceso de recomendación.

Recomendación de viajes apoyada por geolocalización

Longesh et al. [41] presentan un sistema recomendador de viajes que se apoya en redes sociales basadas en geolocalización, centradas en compartir los puntos de interés visitados por los usuarios. Tomando como base este escenario de trabajo proponen un marco de recomendación inducido por la actividad y el comportamiento de los usuarios, para sugerir puntos de interés. Este marco incluye un módulo de perfilamiento del usuario que combina minería de preferencias contextuales y minería de sentimientos, para posteriormente realizar agrupamiento de dichos perfiles. Los clústeres obtenidos son posteriormente combinados con los perfiles individuales de los usuarios, para una mejor representación de estos. En un segundo momento, el módulo de recomendación de puntos de interés utiliza pre-filtrado de ítems acorde a los requerimientos del perfil de usuario correspondiente, para posteriormente realizar un proceso de *ranking* de puntos de interés, que considera métodos de recomendación basados en vecindario y relaciones de confianza entre los usuarios.

En adición, presenta un modelo de recomendación grupal que utiliza las relaciones sociales entre los usuarios para obtener ponderaciones que son utilizadas en reubicar,

siguiendo un proceso de re-ranking, el listado de recomendaciones que se obtiene por el primer modelo.

Estas propuestas se evalúan en bases de datos obtenidas de plataformas reconocidas dentro del ámbito del turismo, como Yelp y TripAdvisor. Finalmente, se desarrolló un sistema recomendador individual y grupal, para implementar los desarrollos obtenidos. Este sistema, denominado XplorerVU TwB (Figura 4), permite a los usuarios especificar información en términos de tipo de recomendación deseada (individual o grupal), el tipo de actividad que se desea (aventura, naturaleza, eventos, vida nocturna, etc), el nivel de sorpresa y de energía asociado a la recomendación, así como la posibilidad de compartir la localización actual.

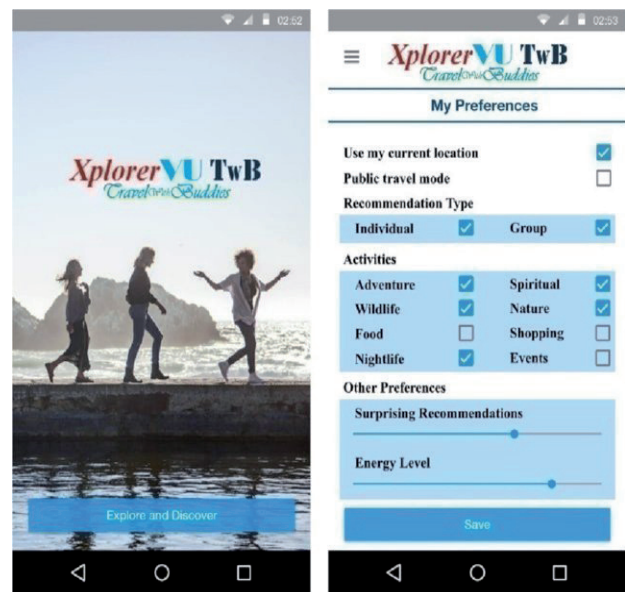


Figura 4: Interfaz del sistema XplorerVU TwB.

Sistema enfocado a mejorar la experiencia del usuario en proceso de post-recomendación

Alves et al [42] introduce un modelo conceptual enfocado en mejorar la experiencia del turista en un sistema recomendador grupal, específicamente para el proceso post-recomendación. Con este fin se utilizan técnicas de gamificación para adquirir el perfil del turista [43], agentes inteligentes modelados con los perfiles y los contextos de los turistas que incluyen aspectos psicológicos y socio-culturales, y diálogos entre los agentes basados en argumentación.

Específicamente, la arquitectura que se presenta está compuesta por diferentes servicios. El servicio multi-agente, responsable de modelar los agentes inteligentes acorde a la información del turista (perfil y contexto) y otros agentes necesarios para el proceso; el servicio de recomendación, que se encarga de iterativamente generar las recomendaciones tanto individuales como grupales basadas en toda la información disponible (perfiles, contexto, etc); el servicio de puntos de interés que es obtenido desde Google Maps o aplicaciones similares y que se integra

dentro del módulo de recomendación; el servicio de red social que permite incorporar nueva información de interés para la recomendación, y el módulo de gamificación que pretende favorecer la recopilación de información por parte de los turistas.

Como conclusión del trabajo, se afirma que, aunque el objetivo del mismo no es enfocarse en la propuesta de un nuevo algoritmo para la generación de un listado de recomendaciones, se espera que este facilite el consenso por parte de los usuarios en la etapa de post-recomendación, permitiendo la elección de opciones de mayor calidad y con una mayor satisfacción.

Discusión

La presente sección se centra en realizar un análisis de los trabajos previamente analizados, incluyendo una comparación crítica de los mismos y la discusión de líneas futuras a las que estos dan lugar.

Comparación entre los trabajos identificados

La tabla 1 presenta una comparación entre los trabajos analizados, atendiendo a diferentes criterios. Se refleja el tipo de estudio en el que mayormente se centra el trabajo (en la propuesta de un nuevo método o metodología, o si es mayormente la propuesta de nuevo software); el tipo de evaluación en el sentido de que si es usando bases de datos de referencia concebidas con este fin, o un estudio de usuarios [44]; y el escenario de aplicación de la propuesta. Asimismo, se reflejan las principales fortalezas y debilida-

des asociadas a cada trabajo y el país en que mayormente se desarrolla la investigación.

La tabla muestra claramente la existencia de dos tipos de trabajos fundamentales. Estos son por una parte el desarrollo de plataformas de software y arquitecturas en las que se integran métodos de recomendación previamente desarrollados [27, 40, 42], que se evalúan a través de estudios de usuarios o en los que no se realiza evaluación.

Por otra parte, se identificaron algunos trabajos en los que se proponen nuevos métodos o algoritmos [34, 36, 37, 39, 41], pero en los que en muchos casos la evaluación de los mismos resulta incompleta, al centrarse en bases de datos artificiales [34], o limitándose a la realización de estudios de usuarios [37]. No se reporta un uso extensivo de la evaluación *offline* como paso previo al desarrollo de estudios de usuario y evaluación *online*, como lo sugieren los protocolos establecidos en el área de los sistemas recomendadores [44, 45].

Con respecto al dominio de aplicación, se observa una convergencia por parte de las propuestas a considerar dominios como el de las rutas turísticas, o los puntos de interés. Estos trabajos tuvieron un mayor o menor nivel de ajuste y dependencia del dominio en cuestión, registrándose trabajos de propósito general dentro del dominio del turismo como De Pessemier et al. [37], o trabajos bien enfocados en un dominio específico como el de los puntos de interés [39]. En adición se identificaron trabajos con metodologías para cualquier dominio de recomendación, que posteriormente se aplican en un sistema informático para el turismo [36].

Finalmente, es de resaltar como este problema de

Tabla 1: Comparación entre los trabajos analizados.

	Tipo de estudio	Tipo de evaluación	Escenario de aplicación	Fortalezas	Debilidades	País
Christensen et al. [34]	Nueva metodología / algoritmo	Usando datos artificiales	Rutas turísticas	Investigación de ciclo completo que incluye nueva metodología y desarrollo de sistema	Explotación aún insuficiente de las relaciones sociales, lo que constituye el núcleo del trabajo	Argentina
Wang et al. [36]	Nueva metodología / algoritmo	Usando bases de datos de referencia internacional	Actividades turísticas	Uso de técnicas avanzadas como factorización matricial	Escasamente centrado en el dominio del turismo	Australia
De Pessemier et al. [37]	Nueva metodología / algoritmo	Estudio de usuarios	Destinos turísticos	El uso de recomendación basada en restricciones	No se realiza experimentación con valores de preferencias	Bélgica
Nguyen y Ricci [27]	Nueva plataforma / arquitectura	Estudio de usuarios	Puntos de interés	La adecuada incorporación de recomendación basada en contenido, en el contexto de un chat	Insuficiente evaluación con vistas a medir la efectividad de las recomendaciones generadas	Italia
Herzog et al. [39]	Nueva metodología / algoritmo	Estudio de usuarios	Puntos de interés	El uso de funciones de agregación novedosas, ajustadas al dominio en cuestión (puntos de interés)	Propuesta no utilizable en otros dominios de recomendación	Alemania
Álvarez y Ziegler [40]	Nueva plataforma / arquitectura	Estudio de usuarios	Hoteles	Considera cuestiones novedosas tales como negociación y reconciliación de preferencias.	No se realizan estudios de eficacia de la recomendación	Alemania
Longesh et al. [41]	Nueva metodología / algoritmo	Usando bases de datos de referencia internacional	Puntos de interés	El uso de fuentes de datos reconocidas como TripAdvisor	Descripción macro de la propuesta, que dificulta reproducibilidad	India
Alves et al [42]	Nueva plataforma / arquitectura	No se realiza evaluación. (Trabajo en desarrollo)	Ítems en general, en el dominio del turismo	Elementos novedosos como el uso de la gamificación	Descripción muy macro de la propuesta	Portugal

investigación ha sido previamente abordado por autores de diferentes países y culturas, tales como Argentina, Italia, Bélgica, Alemania, India, Australia, entre otros.

Líneas futuras a desarrollar

El análisis realizado a lo largo de este trabajo detectó que en los últimos años ha ocurrido un incremento del desarrollo de estudios de usuarios, restándole protagonismo al desarrollo de investigaciones de ciclo completo que incluyan la construcción de nuevos algoritmos y metodologías que concluyan con un extenso estudio experimental, centrados en el dominio de la recomendación grupal para el turismo. Así, resulta necesario el desarrollo de nuevas propuestas centradas en esta dirección, que puedan ser directamente reutilizadas por otros desarrolladores de sistemas informáticos enfocados en el dominio del turismo.

Más específicamente, es preciso la construcción de nuevas propuestas que profundicen en nuevas técnicas para agregar preferencias individuales en el nivel de grupo, en cómo distinguir entre grupos satisfechos y no satisfechos, cómo correlacionar y comparar las preferencias individuales con las grupales, y cómo relacionar las preferencias personales como la personalidad de los usuarios, tal y como recientemente también lo han reflejado otros autores como Delic *et al.* [46].

Se hace necesario también utilizar de una forma más activa los paradigmas tradicionales de recomendación, como la recomendación basada en contenido y el filtrado colaborativo [19], y no considerar la solución al problema abordado en el presente trabajo únicamente a través de meras extensiones de los sistemas recomendadores individuales. Tomando en cuenta los trabajos analizados, únicamente Wang *et al.* [36] y Herzog *et al.* [39] realizan incipientes esfuerzos en este sentido. Es necesario también considerar otros criterios de calidad de las recomendaciones, como diversidad [47] y cubrimiento [35] del listado de recomendaciones generadas.

Finalmente, resulta necesario explorar nuevos dominios de recomendación dentro de la propia área del turismo, tal como la recomendación de secuencias de actividades de innovación, inicialmente propuesto por Carballo-Cruz *et al.* [48, 49].

Conclusiones

El presente trabajo se centró en realizar una revisión del rol de los sistemas recomendadores grupales como herramienta innovadora en el área del turismo. Con este fin, se desarrolló un análisis de los trabajos recientes más relevantes identificados en la literatura, centrados en el problema de la recomendación grupal de ítems asociados al dominio del turismo.

El análisis arrojó como resultados principales la presencia de una convergencia de dominios de aplicación de los

sistemas recomendadores grupales en el área del turismo, para considerar dominios como el de las rutas turísticas o los puntos de interés. No obstante, no se identificó el uso extensivo de la evaluación *offline* como paso inicial del proceso de evaluación, como lo sugieren los protocolos establecidos en el área de los sistemas recomendadores [44, 45]. A raíz de esto, se consideró insuficiente el desarrollo investigativo centrado en la propuesta de nuevos métodos y algoritmos centrados en este problema en particular.

Estas conclusiones dan lugar por tanto a la propuesta de líneas futuras a explorar, entre las que se mencionan el desarrollo de nuevas propuestas centradas en nuevos algoritmos y metodologías que concluyan con un extenso estudio experimental, que puedan ser directamente reutilizadas por otros desarrolladores de sistemas informáticos enfocados en el dominio del turismo. Asimismo, se necesita considerar la creación de nuevas propuestas que tomen en cuenta otros criterios de calidad de las recomendaciones, como la diversidad [47] y el cubrimiento [35].

Esperamos que el presente trabajo sea útil para la comunidad científica, con vistas a continuar desarrollando la todavía incipiente línea de investigación de sistemas recomendadores grupales para el turismo.

Referencias Bibliográficas

1. A. Bellogin, *et al.*, "An empirical comparison of social, collaborative filtering, and hybrid recommenders," *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, vol. 4, p. 14, 2013.
2. D. Bernardes, *et al.*, "A Social Formalism and Survey for Recommender Systems," *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, vol. 16, pp. 20-37, 2015.
3. J. Bobadilla, *et al.*, "Recommender systems survey," *Knowledge-Based Systems*, vol. 46, pp. 109-132, 2013.
4. L. Lü, *et al.*, "Recommender systems," *Physics Reports*, vol. 519, pp. 1-49, 2012.
5. S. Dara, *et al.*, "A survey on group recommender systems," *Journal of Intelligent Information Systems*, vol. 54, pp. 271-295, 2020.
6. J. Castro, *et al.*, "An empirical study of natural noise management in group recommendation systems," *Decision Support Systems*, vol. 94, pp. 1-11, 2017.
7. Z. Huang, *et al.*, "A comparison of collaborative-filtering recommendation algorithms for e-commerce," *IEEE Intelligent Systems*, pp. 68-78, 2007.
8. R. Yera and L. Martínez, "A recommendation approach for programming online judges supported by data preprocessing techniques," *Applied Intelligence*, vol. 47, pp. 277-290, 2017.
9. R. Yera Toledo, *et al.*, "A recommender system for programming online judges using fuzzy information modeling," in *Informatics*, 2018, p. 17.
10. J. Lu, *et al.*, "Recommender system application develop-

- ments: A survey," *Decision Support Systems*, vol. 74, pp. 12-32, 2015.
11. M. Li, et al., "An approach to task-oriented knowledge recommendation based on multi-granularity fuzzy linguistic method," *Kybernetes*, vol. 44, pp. 460-474, 2015.
 12. J. N. Cappella, et al., "Constructing Recommendation Systems for Effective Health Messages Using Content, Collaborative, and Hybrid Algorithms," *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 659, pp. 290-306, 2015.
 13. R. Yera, et al., "A Food Recommender System Considering Nutritional Information and User Preferences," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 96695-96711, 2019.
 14. D.-Y. Yeh and C.-H. Cheng, "Recommendation system for popular tourist attractions in Taiwan using Delphi panel and repertory grid techniques," *Tourism Management*, vol. 46, pp. 164-176, 2015.
 15. E. Carballo-Cruz, et al., "Del desarrollo de capacidades de aprendizaje a la satisfacción del cliente en una instalación hotelera," *Investigaciones Turísticas*, vol. 2, pp. 82-101, 2011.
 16. S. Renjith, et al., "An extensive study on the evolution of context-aware personalized travel recommender systems," *Information Processing & Management*, vol. 57, p. 102078, 2020.
 17. K. Chaudhari and A. Thakkar, "A Comprehensive Survey on Travel Recommender Systems," *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 27, pp. 1545-1571, 2020.
 18. P. Lops, et al., "Content-based recommender systems: state of the art and trends" in *Recommender Systems Handbook*, F. Ricci, et al., Eds., ed New York: Springer, 2011, pp. 73-100.
 19. G. Adomavicius and A. Tuzhilin, "Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 17, pp. 734-749, 2005.
 20. R. Yera, et al., "A Regularity-Based Preprocessing Method for Collaborative Recommender Systems," *Journal of Information Processing Systems*, vol. 9, pp. 435-460, 2013.
 21. M. J. Pazzani, "A framework for collaborative, content-based, and demographic filtering," *Artificial Intelligence Review*, vol. 13, pp. 393-408, 1999.
 22. C. Porcel, et al., "A hybrid recommender system for the selective dissemination of research resources in a technology transfer office," *Information Sciences*, vol. 184, pp. 1-19, 2012.
 23. R. Burke, "Hybrid recommender systems: survey and experiments," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 12, pp. 331-370, 2002.
 24. M. G. Vozalis and K. G. Margaritis, "Using SVD and demographic data for the enhancement of generalized collaborative filtering," *Information Sciences*, vol. 177, pp. 3017-3037, 2007.
 25. K. Choi, et al., "A hybrid online-product recommendation system: Combining implicit rating-based collaborative filtering and sequential pattern analysis," *Electronic Commerce Research and Applications*, vol. 11, pp. 309-317, 2012.
 26. X. Su, et al., "Hybrid collaborative filtering algorithms using a mixture of experts," in *Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI '07)*, Silicon Valley, Calif, USA, 2007, pp. 645-649.
 27. T. N. Nguyen and F. Ricci, "A chat-based group recommender system for tourism," *Information Technology & Tourism*, vol. 18, pp. 5-28, 2018.
 28. L. Sun, et al., "Applying uncertainty theory into the restaurant recommender system based on sentiment analysis of online Chinese reviews," *World Wide Web*, vol. 22, pp. 83-100, 2019.
 29. R. Hti and M. S. Desarkar, "Personalized tourist package recommendation using graph based approach," in *Adjunct Publication of the 26th Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, 2018, pp. 257-262.
 30. G. Pavlidis, "Recommender systems, cultural heritage applications, and the way forward," *Journal of Cultural Heritage*, vol. 35, pp. 183-196, 2019.
 31. T. De Pessemier, et al., "Comparison of group recommendation algorithms," *Multimedia tools and applications*, vol. 72, pp. 2497-2541, 2014.
 32. R. Yera and L. Martínez, "Fuzzy tools in recommender systems: A survey," *International Journal of Computational Intelligence Systems*, vol. 10, pp. 776-803, 2017.
 33. M. Kompan and M. Bielikova, "Group recommendations: Survey and perspectives," *Computing and Informatics*, vol. 33, pp. 1-31, 2014.
 34. I. Christensen, et al., "Social group recommendation in the tourism domain," *Journal of Intelligent Information Systems*, vol. 47, pp. 209-231, 2016.
 35. A. Gunawardana and G. Shani, "A Survey of Accuracy Evaluation Metrics of Recommendation Tasks," *Journal of Machine Learning Research*, vol. 10, pp. 2935-2962, 2009.
 36. W. Wang, et al., "Member contribution-based group recommender system," *Decision Support Systems*, vol. 87, pp. 80-93, 2016.
 37. T. De Pessemier, et al., "Hybrid group recommendations for a travel service," *Multimedia tools and applications*, vol. 76, pp. 2787-2811, 2017.
 38. P. Favardin, et al., "Borda rule, Copeland method and strategic manipulation," *Review of Economic Design*, vol. 7, pp. 213-228, 2002.
 39. D. Herzog, et al., "TourRec — A Tourist Trip Recommender System for Individuals and Groups," in *Proceedings of the 12th ACM Conference on Recommender*

- Systems, 2018, pp. 496-497.
40. J. Álvarez and J. Ziegler, "Negotiation and Reconciliation of Preferences in a Group Recommender System," *Journal of Information Processing*, vol. 26, pp. 186-200, 2018.
 41. R. Logesh, et al., "Efficient user profiling based intelligent travel recommender system for individual and group of users," *Mobile Networks and Applications*, vol. 24, pp. 1018-1033, 2019.
 42. P. Alves, et al., "Modeling a Mobile Group Recommender System for Tourism with Intelligent Agents and Gamification," in *International Conference on Hybrid Artificial Intelligence Systems*, 2019, pp. 577-588.
 43. K. Seaborn and D. I. Fels, "Gamification in theory and action: A survey," *International Journal of human-computer studies*, vol. 74, pp. 14-31, 2015.
 44. F. Ricci, et al., *Recommender Systems Handbook 2nd Edition*. New York: Springer, 2015.
 45. G. Shani and A. Gunawardana, "Tutorial on application-oriented evaluation of recommendation systems," *AI Communications*, vol. 26, pp. 225-236, 2013.
 46. A. Delic, et al., "An observational user study for group recommender systems in the tourism domain," *Information Technology & Tourism*, vol. 19, pp. 87-116, 2018.
 47. A. Javari and M. Jalili, "A probabilistic model to resolve diversity-accuracy challenge of recommendation systems," *Knowledge and Information Systems*, vol. 44, pp. 609-627, 2015.
 48. E. Carballo-Cruz, et al., "An Intelligent System for Sequencing Product Innovation Activities in Hotels," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 17, pp. 305-315, 2019.
 49. E. Carballo-Cruz, et al., "La innovación de producto en la formación de la imagen percibida. Caso Hotel Colonial Cayo Coco, destino turístico Jardines del Rey, Cuba," *Retos de la Dirección*, vol. 10, pp. 114-141, 2016.

RECYT

Año 23 / N° 35 / 2021 / 54–60

Secado y estimación de coeficientes efectivos de difusión de recubrimientos con contenido reducido de azúcar

Drying and effective diffusion coefficient estimation of confectionery coatings with low-sugar content

Bárbara E. Meza^{1,*}, Daiana A. Beuter², Luis A. Brumovsky² y Juan Manuel Peralta¹

1- Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), Universidad Nacional del Litoral (UNL) – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Predio CONICET Santa

Fe, Colectora Ruta Nacional 168, Km 0, Paraje El Pozo S/N. (3000). Santa Fe, Argentina.

2- Facultad de Ciencias Exactas, Química y Naturales, Universidad Nacional de Misiones.

Félix de Azara 1552. (N3300LQH). Posadas, Misiones, Argentina.

*E-mail: bmeza@intec.unl.edu.ar

Recibido: 16/02/2021; Aprobado 27/04/2021

Resumen

Se estudió la cinética de secado y se estimaron los coeficientes efectivos de difusión de recubrimientos con contenido reducido de azúcar elaborados con un edulcorante comercial a base de stevia. Las formulaciones se elaboraron por triplicado utilizando cacao amargo, azúcar impalpable, una solución comercial con 7% p/p de glucósidos de steviol como sustitutivo del azúcar y aceite de soja. Se evaluaron diferentes porcentajes de stevia (75% y 50%) como edulcorante en reemplazo del azúcar, tomando como control la muestra con 100% de azúcar. El proceso de secado se llevó a cabo en una estufa con convección natural a $50 (\pm 1)^\circ\text{C}$ y humedad relativa ambiente de $17 (\pm 2)\%$. La pérdida de humedad con el tiempo fue analizada aplicando el modelo matemático de capa fina logarítmico. Para la estimación de los coeficientes efectivos de difusión, se usó un modelo matemático simplificado derivado de la segunda ley de difusión de Fick. El cálculo de las humedades de equilibrio se realizó determinando las isotermas de desorción de agua a 50°C . A partir de los resultados obtenidos, se pudieron obtener satisfactoriamente parámetros de secado y coeficientes efectivos de difusión útiles para el estudio de la transferencia de materia que pueda ocurrir durante un proceso de recubrimiento.

Palabras clave: Baños de repostería; Desorción de agua, Stevia; Edulcorantes naturales.

Abstract

The drying kinetics and the estimation of the effective diffusion coefficients of confectionery coatings with low-sugar content were studied, made with a commercial stevia-based sweetener. Formulations were prepared in triplicate using defatted cocoa powder, icing sugar, commercial steviol glycosides solution (7% w/w) as sugar substitute, and soybean oil. Different contents of stevia (75% and 50%) were evaluated as sugar replacement, considering the formulation with 100% sugar as control sample. The drying process was carried out in an oven with natural convection at $50 (\pm 1)^\circ\text{C}$ and relative ambient humidity of $17 (\pm 2)\%$. The loss of moisture over time was analysed by applying the logarithmic thin layer mathematical model. For the estimation of the effective diffusion coefficients, a simplified mathematical model derived from Fick's second diffusion law was used. The calculation of equilibrium moisture contents was performed by determining the water desorption isotherms at 50°C . The obtained results indicated that drying parameters and effective diffusion coefficients could be obtained, being useful information for further studies about mass transfer that may occur during a coating process.

Keywords: Confectionery coatings, Moisture desorption; Stevia; Natural sweeteners.

Introducción

La elaboración de productos con bajo contenido de azúcar resulta estratégica para un sector de la industria dedicada a la elaboración de productos con alto valor agregado. Esta clase de alimentos, considerados “saludables”,

se encuentra dirigido a un sector amplio y específico de la población. Son personas que desean o necesitan consumir productos con contenido calórico reducido y un perfil nutricional adecuado, debido a su condición física y/o metabólica (por ejemplo, personas con sobrepeso, obesidad, diabetes y/o dislipemias) [1, 2].

Los recubrimientos comestibles le otorgan a los alimentos características sensoriales específicas, como color, brillo, textura y sabor a chocolate. Además, permiten controlar variables tecnológicas, como el tiempo de vida útil y las condiciones de almacenamiento [3]. Las coberturas dulces, como los baños de repostería, se utilizan tradicionalmente para recubrir productos panificados (galletitas, alfajores, tortas), y son elaborados con azúcares simples (sacarosa o azúcar impalpable), grasas vegetales (aceites y margarinas) y otros ingredientes (cacao y sólidos de leche) [4]. La sustitución parcial de este azúcar simple por edulcorantes, resulta una estrategia novedosa para elaborar alimentos recubiertos con propiedades nutricionales específicas. Por ejemplo, la stevia comercial es un edulcorante natural derivado de las hojas de la *Stevia rebaudiana* Bertoni y es considerado un producto heterogéneo compuesto por varios glucósidos de steviol (estevisósidos y rebaudisósidos). Estos glucósidos son los responsables de la capacidad edulcorante de la stevia, que posee hasta 300 veces más poder endulzante en comparación con la sacarosa [5, 6].

La calidad de los alimentos recubiertos dependerá de las características de la cobertura, del alimento a recubrir y de la interacción entre ambos. Por este motivo, la modificación en el contenido de azúcar y la adición de edulcorantes puede generar problemas tecnológicos en estos productos, asociados a posibles modificaciones en el comportamiento durante el secado. Esto último se debe principalmente a que una disminución en el contenido de azúcar produce cambios en la difusión de vapor de agua y en las propiedades de sorción de los recubrimientos [7].

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el objetivo de este trabajo fue obtener los parámetros del proceso de secado y estimar los coeficientes efectivos de difusión de recubrimientos con contenido reducido de azúcar elaborados con un edulcorante comercial a base de stevia. La información publicada en este trabajo no se encuentra disponible en la literatura actual, considerándola necesaria para la posterior realización de estudios relacionados a la transferencia de materia durante un proceso de recubrimiento de alimentos.

Materiales y métodos

Elaboración de los recubrimientos

Se elaboraron recubrimientos utilizando las proporciones descritas en la Tabla 1. Se utilizaron los siguientes ingredientes comerciales: azúcar impalpable (San Diego, Santa Fe, Argentina), solución comercial con 7% p/p de glucósidos de steviol (Dulri SA, Buenos Aires, Argentina), cacao amargo en polvo (Sucesores de José Salgado SAIC, Buenos Aires, Argentina) y aceite de soja (Aceitera General Deheza, Córdoba, Argentina). Además, se usó glicerina como plastificante (Cicarelli, Santa Fe, Argentina), lecitina de soja como emulsionante (Laboratorios Yeruti

SRL, Santa Fe, Argentina), sorbato de potasio como conservante (Cicarelli, Santa Fe, Argentina) y agua potable.

Los ingredientes se pesaron para obtener 300 g de cada formulación por triplicado. Los mismos se mezclaron utilizando una batidora de mesa planetaria PE-BM65V (Peabody SA, Argentina) con un batidor de acero inoxidable tipo lira para minimizar la incorporación de burbujas de aire. Se utilizó la velocidad 1 (~50 rpm) por 5 min y posteriormente la velocidad 2 (~85 rpm) durante 5 min. Las formulaciones obtenidas fueron colocadas en recipientes plásticos con cierre hermético y se almacenaron a una temperatura de 7°C durante 16 h hasta su posterior secado.

Tabla 1: Ingredientes utilizados para elaborar recubrimientos elaborados con cacao y contenido reducido de azúcar.

Código	Ingrediente [% p/p]*					Agua
	Azúcar	Cacao	Stevia ¹	Glicerina	Grasa ²	
100% azúcar	40	20	0	1	6	33
75% azúcar	30	20	1	1	6	42
50% azúcar	20	20	2	1	6	51

1- Stevia = solución comercial con 7% p/p de glucósidos de steviol.
2- Grasa = mezcla de aceite de soja (5% p/p) y lecitina de soja (1% p/p). *En todas las formulaciones se utilizó 0,1% p/p de sorbato de potasio como conservante.

Secado de los recubrimientos

Una alícuota de cada formulación fue pesada y colocada en recipientes de vidrio de dimensiones conocidas (9 cm de diámetro y 2 cm de alto) por triplicado. Los recipientes fueron recubiertos con papel de aluminio para favorecer el desprendimiento de las coberturas una vez secas. Las muestras se secaron en una estufa eléctrica con convección natural Dalvo TDC60 (Tecno Dalvo SRL, Santa Fe, Argentina) a 50 (± 1)°C y 17 (± 2)% de humedad relativa. La temperatura fue controlada utilizando un controlador Dhacel CD101 (Dhacel S.R.L., Buenos Aires, Argentina) y la humedad relativa se monitoreó con un registrador Schwyz DAT 10 (Schwyz, China). Los recipientes con las muestras se pesaron utilizando una balanza analítica cada 60 min durante 7 h. La temperatura dentro de la estufa se consideró constante debido a que se registraron variaciones menores a ± 2°C en los ciclos de apertura y cierre de la misma al manipular las muestras.

La pérdida de la humedad (M_t) con el tiempo (t) en relación con la humedad inicial (M_0) de las muestras fue analizada aplicando un modelo matemático de capa fina semiempírico (o modelo logarítmico) derivado del primer término de la solución general de la segunda ley de difusión de Fick [8]:

$$\frac{M_t - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}} = a \exp(-kt) + c \quad (\text{Ec. 1})$$

donde M_t es la humedad de la muestra (base seca) al tiempo t [kg kg^{-1}], M_0 es la humedad inicial de la muestra (base seca), M_{eq} es la humedad de equilibrio de la muestra (base seca) en las condiciones de estudio [kg kg^{-1}], t es el tiempo [min], k es la constante cinética de secado [min^{-1}] y los parámetros a y c son empíricos y adimensionales. Los valores de M_{eq} se determinaron utilizando la información obtenida de las isotermas de desorción de agua a 50°C .

Determinación de espesores de los recubrimientos

Por un lado, los espesores iniciales de los recubrimientos fueron calculados por triplicado utilizando los valores de las densidades, los pesos iniciales y los radios de los recipientes de vidrio utilizados para secar las muestras (4,5 cm). Las densidades de las formulaciones a $25 (\pm 1)^\circ\text{C}$ fueron determinadas gravimétricamente por quintuplicado pesando en una balanza analítica una cantidad de muestra determinada en recipientes Eppendorf con volúmenes conocidos ($1,89 \text{ cm}^3$). Los valores obtenidos fueron $1209 (\pm 10) \text{ kg m}^{-3}$, $1160 (\pm 12) \text{ kg m}^{-3}$ y $1137 (\pm 12) \text{ kg m}^{-3}$ para las formulaciones 100% azúcar, 75% azúcar y 50% azúcar, respectivamente. Los valores de los espesores iniciales obtenidos fueron $1,31 (\pm 0,03) \text{ mm}$ para las muestras 100% azúcar, $1,50 (\pm 0,05) \text{ mm}$ para 75% azúcar y $1,67 (\pm 0,01) \text{ mm}$ para 50% azúcar, respectivamente.

Por otro lado, los espesores finales obtenidos luego del proceso de secado fueron medidos (10 réplicas) utilizando un micrómetro digital Schwyz ESP1-001PLA (Schwyz, Suiza). En este caso se obtuvieron los siguientes valores: $1,14 (\pm 0,12) \text{ mm}$, $1,15 (\pm 0,11) \text{ mm}$ y $0,97 (\pm 0,15) \text{ mm}$ para las formulaciones 100% azúcar, 75% azúcar y 50% azúcar, respectivamente.

Isotermas de desorción de agua

Los recubrimientos secos obtenidos en las condiciones especificadas anteriormente se cortaron en trozos de igual tamaño (aproximadamente $5 \times 5 \text{ mm}$) y se dispusieron en pequeños recipientes de plástico debidamente rotulados por triplicado. Los mismos se colocaron en un ambiente conteniendo agua pura (100% de humedad relativa ambiente) a 25°C durante 3 días para su completa saturación. Luego, los recipientes fueron distribuidos por duplicado en frascos de vidrio herméticamente sellados conteniendo en su interior distintas soluciones salinas saturadas con actividad de agua (a_w) conocida, de acuerdo a la metodología previamente utilizada [9]. Se usaron ocho soluciones salinas dentro del rango de a_w entre 0,189 y 0,848 obtenidos de la literatura [10, 11] (Tabla 2). Posteriormente, los frascos se almacenaron en una estufa con convección natural a

una temperatura controlada de $50 (\pm 1)^\circ\text{C}$ durante 20 días. De acuerdo a experimentos preliminares, este tiempo fue suficiente para que las muestras alcancen la humedad de equilibrio (peso constante). Esta temperatura fue seleccionada debido a que corresponde a la temperatura utilizada para realizar el proceso de secado.

Tabla 2: Actividad de agua (a_w) de soluciones salinas saturadas a 50°C .

Sal	a_w [-]
Acetato de potasio ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{K}$)	0,189
Cloruro de magnesio (MgCl_2)	0,305
Carbonato de potasio (K_2CO_3)	0,427
Nitrato de magnesio ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$)	0,454
Cloruro de cobalto (CoCl_2)	0,500
Cloruro de sodio (NaCl)	0,744
Cloruro de potasio (KCl)	0,812
Nitrato de potasio (KNO_3)	0,848

Luego se determinó el contenido de humedad en base seca por método gravimétrico utilizando una estufa de vacío Yamato ADP310C (Yamato Scientific America Inc., California, USA) a $70 (\pm 1)^\circ\text{C}$ y 0,01 atm de presión durante 6 h. Los valores experimentales de las humedades de equilibrio M_{eq} se analizaron aplicando el modelo teórico de GAB [12]:

$$M_{eq} = \frac{CKa_w M_m}{(1 - Ka_w)[1 + (C - 1)Ka_w]} \quad (\text{Ec. 2})$$

donde M_m es la humedad de la monocapa (base seca) [kg kg^{-1}]. Los parámetros teróricos adimensionales C y K se relacionan con el calor de sorción de la región de la monocapa y la multicapa, respectivamente.

Estimación de los coeficientes efectivos de difusión

Se utilizó un modelo matemático simplificado derivado de la segunda ley de difusión de Fick [13] para la estimación de los coeficientes efectivos de difusión de agua (D_{ef}) de los recubrimientos a la temperatura de secado (50°C). Para el desarrollo, se tuvo en cuenta un sistema isotrópico y homogéneo con transferencia de masa en una de las superficies del recubrimiento, asumida como un sistema en dos dimensiones y considerándolo como una placa plana infinita de espesor constante y humedad inicial M_0 . La superficie de la placa en contacto con el recipiente que la contenía se la consideró aislada a la transferencia y la superficie en contacto con el aire se la consideró en equilibrio con el medio circundante. Esta última consideración se basó en suponer que la resistencia a la transferencia de agua en la capa circundante a la placa es despreciable en comparación a su contraparte interna. Es decir que el proceso presenta valores del número de Biot másico muy grandes ($Bi = k_c L / D_{ef} > 10^3$). Esto puede verificarse teniendo en cuenta que los espesores de la placa (L) considerados se encuentran en el orden de 10^{-3}

m, que en productos alimenticios se ha observado que el coeficiente de transferencia superficial de masa (k_c) es del orden de 10^{-2} m s^{-1} [14] y que D_{ef} es del orden de $10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Entonces, se cumple que $Bi = O(10^5)$. Por lo tanto, la humedad de la placa M_t se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\frac{M_t - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp\left[-\frac{\pi^2}{4}(2n-1)^2 Fo\right] \quad (\text{Ec. 3})$$

donde Fo es el número de Fourier másico ($D_{ef}t/L^2$), D_{ef} es el coeficiente efectivo de difusión de agua [$\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$] y L es el espesor total de la placa [m].

Además, teniendo en cuenta que se espera que los términos de la sumatoria de la Ec. (3) disminuyan en un orden de magnitud ($Fo > 0,3$), entonces el primer término será representativo y por lo tanto:

$$\frac{M_t - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}} \approx \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2}{4} \frac{D_{ef}t}{L^2}\right) \quad (\text{Ec. 4})$$

reordenando la Ec. (4) y aplicando logaritmos:

$$\ln\left(\frac{M_t - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}}\right) \approx \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \frac{\pi^2}{4} \frac{D_{ef}}{L^2} t = A + Bt \quad (\text{Ec. 5})$$

donde $A = \ln(8/\pi^2)$ y $B = -\pi^2 D_{ef} / 4L^2$. De esta forma, luego de ajustar los datos experimentales a la Ec. (5), graficando $\ln[(M_t - M_{eq}) / (M_0 - M_{eq})]$ en función de t , el coeficiente D_{ef} se puede estimar a partir de la siguiente expresión:

$$D_{ef} \approx -\frac{4}{\pi^2} L^2 B \quad (\text{Ec. 6})$$

Para este estudio, los valores de M_{eq} fueron obtenidos a partir de las isotermas de desorción de agua.

Análisis estadístico

La determinación de los parámetros del modelo logarítmico (Ec. 1) y el de GAB (Ec. 2) se llevó a cabo a por medio de regresión no lineal. Se evaluó la existencia de diferencias estadísticamente significativa entre los valores de D_{ef} aplicando ANOVA y, posteriormente, el test de Tuckey para la comparación de medias (95% de nivel de confianza).

La capacidad de ajuste de los modelos no lineales fue analizada calculando los errores promedio porcentuales (EPP) y la raíz del error medio cuadrático (RMSE); mientras que el ajuste del modelo propuesto para la estimación de los coeficientes D_{ef} fue evaluada a calculando los coeficientes de determinación (R^2) [15]. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el programa Statgraphics Plus 5.1 (Statgraphics Inc., Rockville, MD, USA).

Resultados y discusión

Isotermas de desorción de agua

En la Figura 1 se pueden observar los valores de las humedades de equilibrio obtenidas experimentalmente a 50°C y las curvas teóricas ajustadas con el modelo de GAB (Ec. 2). La forma de las curvas obtenidas es característica de las isotermas tipo III (de acuerdo con la clasificación de BET), que se ha observado en alimentos con alto contenido de azúcares y compuestos solubles en agua [16].

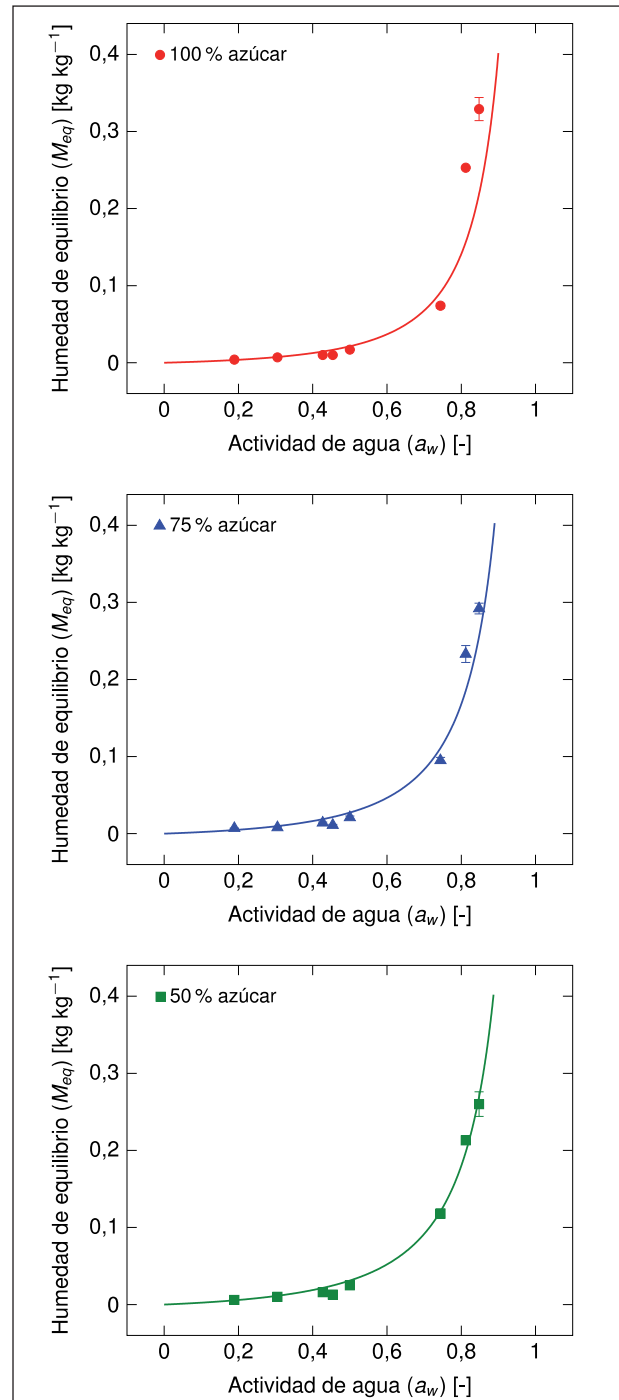


Figura 1: Isotermas de desorción de agua a 50°C de los recubrimientos estudiados. Los símbolos son los valores promedio ($\pm$ desvíos estándares) de tres mediciones experimentales y las líneas corresponden al modelo teórico de GAB (Ec. 2).

Los valores de las constantes del modelo de GAB se encuentran expresadas en la Tabla 3. Como puede observarse, el modelo teórico seleccionado presentó un buen ajuste (RMSE entre 0,008 y 0,037 kg kg⁻¹), consistente con los errores experimentales obtenidos menores a 0,016 kg kg⁻¹. Los valores del coeficiente K se encontraron en el rango de 0,997 a 0,998, considerándose constantes e independientes del tipo de muestra analizada. Los coeficientes C aumentaron al aumentar el reemplazo de azúcar por el edulcorante a base de stevia, desde valores iguales a 0,198 para la muestra con 100% de azúcar hasta 0,312 para las muestras con 50% de azúcar. Estos valores se encuentran en concordancia con los valores esperados para esta constante que, de acuerdo a la literatura, debe ser menor o igual a 2 para las isoterms tipo III [17]. Los valores de M_m , correspondiente a la humedad de la monocapa, se encontraron en el rango de 0,065 a 0,067 kg kg⁻¹, considerándose constantes y similares a datos obtenidos en la literatura para recubrimientos a base de cacao [9].

Tabla 3: Parámetros del modelo de GAB (Ec. 2) para el estudio de las isoterms de desorción de agua a 50°C de los recubrimientos analizados.

Código	M_m [kg kg ⁻¹]	C [-]	K [-]	RMSE [kg kg ⁻¹]
100% azúcar	0,065	0,198	0,997	0,037
75% azúcar	0,067	0,258	0,998	0,023
50% azúcar	0,066	0,312	0,997	0,008

El significado físico de los valores de las constantes halladas para cada formulación indicaría que el mecanismo de sorción de agua varía con la composición. De acuerdo con Quirijns, van Boxtel, van Loon y van Straten (2005) [18], bajos valores de C acompañados con valores de K aproximadamente iguales a 1 indicarían que no existe adsorción de agua localizada. En este caso, el comportamiento de las moléculas de agua adsorbidas en la monocapa no difiere del de las moléculas de la multicapa, que al mismo tiempo se comportan como el agua líquida.

Curvas de secado

En la Figura 2 se pueden observar las curvas de secado de los recubrimientos analizados. Los tres recubrimientos presentaron un comportamiento similar, con una alta velocidad de secado inicial seguida por una etapa más lenta. Se puede observar que desde el comienzo del proceso de secado, no se evidencia la presencia de un período inicial de ajuste ni de secado constante, indicando que la temperatura de secado fue suficientemente baja para que las muestras alcancen la temperatura del aire rápidamente dentro de la estufa. Esto significa que en las formulaciones estudiadas el secado se produjo exclusivamente dentro del período de velocidad decreciente, donde principalmente se produce la difusión de vapor de agua desde el interior del alimento hacia la superficie del mismo. El contenido

de humedad a tiempo infinito se aproxima asintóticamente al valor de equilibrio a la temperatura y humedad relativa ambiente del aire en contacto con el alimento [19].

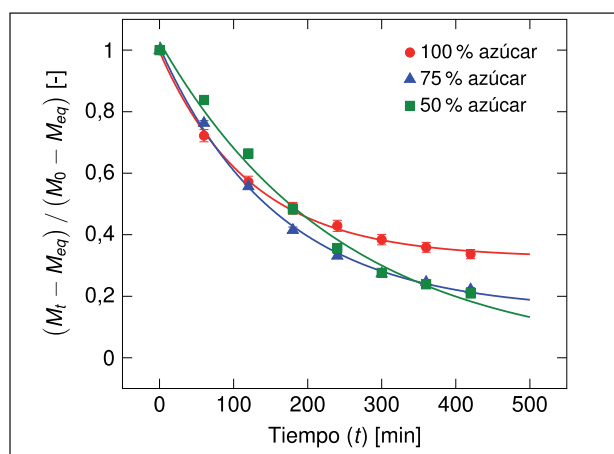


Figura 2: Curvas de secado a 50°C de los recubrimientos estudiados. Los símbolos son los valores promedio ($\pm$ desvíos estándares) de tres mediciones experimentales y las líneas corresponden al modelo semiemprírico logarítmico (Ec. 1).

Los valores de los parámetros del modelo logarítmico (Ec. 1) utilizado para estudiar la cinética de secado de las muestras analizadas se encuentran expresados en la Tabla 4. De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo modelar la cinética de secado de los recubrimientos satisfactoriamente, debido a que el máximo EPP obtenido fue de 5,44%.

A medida que el contenido de azúcar disminuye y es reemplazado por el edulcorante a base de stevia, las constantes empíricas varían, observándose que los valores de a aumentan y los de c disminuyen. Al mismo tiempo, los valores de k , que representan las constantes cinéticas del proceso de secado, disminuyeron al aumentar el reemplazo de azúcar, desde 0,008 a 0,004 min⁻¹. Este resultado se debería al menor contenido de sólidos solubles presente en las formulaciones y a la naturaleza higroscópica de la sacarosa que dificulta el proceso de secado por difusión en las formulaciones con mayor contenido de azúcar [7].

Tabla 4: Parámetros del modelo logarítmico (Ec. 1) para el estudio de la cinética a de secado 50°C de los recubrimientos analizados.

Código	a [-]	k [min ⁻¹]	c [-]	EPP [%]
100% azúcar	0,669	0,008	0,326	1,27
75% azúcar	0,858	0,006	0,152	2,44
50% azúcar	1,027	0,004	0,000	5,44

El concepto de capa fina aplicado al modelado matemático del proceso de secado se basa en que el tamaño del material se reduce a dimensiones tales que se asume una distribución uniforme del aire y la temperatura sobre el material. El factor de forma está integrado en los modelos cinéticos para reducir el efecto de la forma del producto en el proceso de secado. La cinética del secado de diversos alimentos fue modelada exitosamente utilizando modelos

matemáticos basados en el concepto de capa fina [20, 21].

Coeficientes efectivos de difusión

La metodología utilizada para la estimación de los D_{ef} se encuentra detallada en la Figura 3. En las regresiones lineales se obtuvieron valores de R^2 mayores a 0,96, considerándolos muy buenos. Los valores estimados de los D_{ef} de los recubrimientos estudiados fueron $1,80 (\pm 0,06) \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para las muestras 100% azúcar; $3,60 (\pm 0,10) \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para las muestras 75% azúcar y $4,50 (\pm 0,06) \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para las muestras 50% azúcar. Estos valores son similares, aunque un orden de magnitud mayores, a los publicados por Gosh, Duda, Ziegler y Anantheswaran (2004) [22] para recubrimientos elaborados con diferentes contenidos de cacao, aceite de coco, lecitina de soja y azúcar a 20°C (temperatura inferior a la estudiada en el presente trabajo).

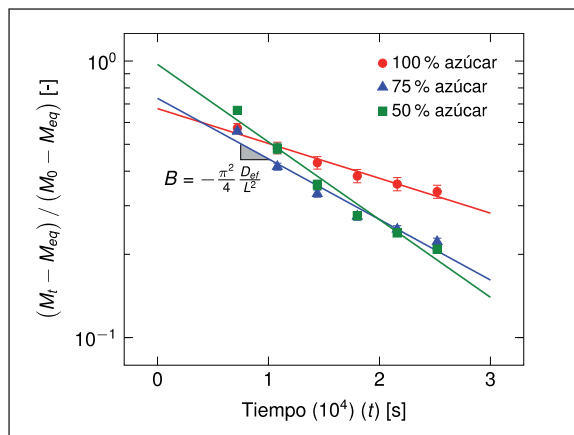


Figura 3: Metodología utilizada para la estimación de los coeficientes efectivos de difusión de agua de los recubrimientos estudiados. Los símbolos corresponden a los promedios de tres determinaciones experimentales y las líneas son las regresiones lineales.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores mencionados, incrementándose en la medida que disminuye el contenido de azúcar y aumenta el contenido de stevia. De acuerdo a la información obtenida de la literatura, este comportamiento es esperable debido a la mayor cantidad de sólidos presente en las formulaciones con mayor contenido de azúcar. Se ha observado que en recubrimientos dulces elaborados con cacao, la difusión a través de las partículas de sacarosa es mucho más lenta que a través de otros componentes, como grasas y aceites, debido a que el azúcar es cristalina en su naturaleza. Además, la presencia de lecitina en las formulaciones junto con la sacarosa produce que la difusión de agua sea mucho más lenta, debido a que la lecitina tiende a absorber mucha más humedad que el azúcar a valores de actividades de agua menores a 0,85 [7, 22].

Conclusiones

En el presente trabajo se estudió la cinética del proceso de secado a 50°C y se pudieron estimar los coeficientes efectivos de difusión de recubrimientos con contenido reducido de azúcar elaborados con cacao y un edulcorante a base de stevia. A partir de los resultados obtenidos, se pudo modelar la pérdida de humedad durante el secado de los recubrimientos analizados satisfactoriamente, obteniéndose coeficientes efectivos de difusión que son útiles para el estudio de la transferencia de materia que pueda ocurrir entre la cobertura, el sustrato y/o el medio ambiente durante un proceso de recubrimiento de alimentos. Además, el significado físico de los valores de las constantes del modelo de GAB halladas para cada formulación indicaría que el mecanismo de sorción de agua varía con la composición de los recubrimientos estudiados.

Nomenclatura

a	Constante empírica (Ec. 1) [-]
a_w	Actividad de agua [-]
Bi	Número de Biot másico ($k_c L / D_{ef}$) [-]
c	Constante empírica (Ec. 1) [-]
C	Constante teórica relacionada con el calor de sorción de la monocapa (Ec. 2) [-]
D_{ef}	Coefficiente efectivo de difusión de agua [$\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$]
EPP	Error promedio porcentual [%]
Fo	Número de Fourier másico ($D_{ef} t / L^2$) [-]
k	Constante cinética de secado (Ec. 1) [min^{-1}]
k_c	Coefficiente de transferencia superficial de masa [m s^{-1}]
K	Constante teórica relacionada con el calor de sorción de la multicapa (Ec. 2) [-]
L	Espesor total de la placa [m]
M_{eq}	Humedad de equilibrio (base seca) [kg kg^{-1}]
M_m	Humedad de la monocapa (base seca) (Ec. 2) [kg kg^{-1}]
M_t	Humedad al tiempo t (base seca) [kg kg^{-1}]
M_0	Humedad inicial (base seca) [kg kg^{-1}]
$RMSE$	Raíz del error medio cuadrático [kg kg^{-1}]
R^2	Coefficiente de determinación [-]
t	Tiempo [min] (Ec. 1) [s] (Ec. 5)

Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por el CONICET (Proyecto PIP 2015-11220150100185CO, Argentina), la UNL (Proyectos CAI+D 2016-50420150100002LI y CAI+D 2020-50620190100005LI, Santa Fe, Argentina) y la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (Proyecto PICT 2019-209, Argentina).

Referencias bibliográficas

1. FAO. *Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases*. WHO technical report series. World Health Organization, Geneva, Switzerland. 2003.
2. Poirier, P.; Giles, T. D.; Bray, G. A.; Hong, Y.; Stern, J. S.; Pi-Sunyer, F. X. y Eckel, R. H. *Obesity and cardiovascular disease: pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss*. Circulation, 113(6), pp: 898-918. 2006. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.171016>
3. Baldwin, E. A.; Hagenmaier, R. y Bai, J. *Edible coatings and films to improve food quality*. CRC Press, Boca Raton, USA. 2012.
4. Código Alimentario Argentino (CAA). *Capítulo X (Alimentos azucarados)*. http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp. 2010.
5. Marie, S.; Keynes, M. y Piggotti, J. R. *Handbook of sweeteners*. Springer Science+Business Media, New York, USA. 1991.
6. Goyal, S. K.; Samsher, G. R. y Goyal, R. K. *Stevia (Stevia rebaudiana) a bio-sweetener: a review*. International Journal of Food Science and Nutrition, 61(1), pp: 1-10. 2010. <https://doi.org/10.3109/09637480903193049>
7. Ghosh, V.; Ziegler, G. R. y Anantheswaran, R. C. *Moisture migration through chocolate-flavored confectionery coatings*. Journal of Food Engineering, 66, pp: 177-186. 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.03.012>
8. Onwude, D. I.; Hashim, N.; Janius, R. B.; Nawi, N. M. y Abdan, K. *Modeling the thin-layer drying of fruits and vegetables: a review*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15, pp: 599-618. 2016. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12196>
9. Meza, B. E.; Carboni, A. D. y Peralta, J. M. *Water adsorption and rheological properties of full-fat and low-fat cocoa-based confectionery coatings*. Food and Bioproducts Processing, 110, pp: 16-25. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.04.005>
10. Greenspan, L. *Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions*. Journal of Research of the National Bureau of Standards Section A: Physics and Chemistry, 8(1), pp: 89-96. 1977. <https://doi.org/10.6028/JRES.081A.011>
11. Labuza, T. P.; Kaauane, A. y Chen, J. Y. *Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods*. Journal of Food Science, 50, pp: 385-392. 1985. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb13409.x>
12. Basu, S.; Shivhare, U. S. y Mujumdar, A. S. *Models for sorption isotherms for foods: a review*. Drying technology, 24(8), pp: 917-930. 2006. <https://doi.org/10.1080/07373930600775979>
13. Crank, J. *The mathematics of diffusion*. 2da edición. Oxford University Press Inc, Whiltshire, Reino Unido. 1975.
14. Guillard, V.; Broyart, B.; Guilbert, S.; Bonazzi, C. y Gontard N. *Moisture diffusivity and transfer modelling in dry biscuit*. Journal of Food Engineering, 64, pp: 81-87. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.09.014>
15. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.09.014>
16. Montgomery, D. C. *Diseño y análisis de experimentos*. Limusa Wiley, México DF, México. 2004.
17. Khalfaoui, M.; Knani, S.; Hachicha, M. A. y Lamine, A. B. *New theoretical expressions for the five adsorption type isotherms classified by BET based on statistical physics treatment*. Journal of Colloid Interface Science, 263, pp: 350-356. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0021-9797\(03\)00139-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9797(03)00139-5)
18. Blahovec, J. *Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach*. Journal of Food Engineering, 65, pp: 489-495. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.012>
19. Quirijns, E. J.; van Boxtel, A. J.; van Loon, W. K. y van Straten, G. *Sorption isotherms, GAB parameters and isosteric heat of sorption*. Journal of Science Food Agriculture, 85, pp: 1805-1814. 2005. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2140>
20. Rotstein, E.; Singh R. P. y Valentas K. J. *Handbook of Food Engineering Practice*. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA. 1997.
21. Chigal, P. S.; Milde, L. B. y Brumovsky, L. A. *Modelado matemático del secado de fideos libres de gluten, influencia de la velocidad del aire*. Revista de Ciencia y Tecnología, 21(32), pp: 71-75. 2019. <https://doi.org/10.36995/j.recyt.2019.32.011>
22. Doymaz, I. *Thin-layer drying of spinach leaves in a convective dryer*. Journal of Food Process Engineering, 32, pp: 112-125. 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00205.x>
23. Ghosh, J. L.; Duda, I.; Ziegler, G. R. V. y Anantheswaran, R. C. *Diffusion of moisture through chocolate flavoured confectionery coatings*. Food and Bioproducts Processing, 82(C1), pp: 35-43. 2004. <https://doi.org/10.1205/096030804322985290>

RECYT

Año 23 / N° 35 / 2021 / 61–65

Modelado con lógica difusa del circuito RC en serie con hardware y software de bajo costo

Fuzzy logic modelling for the RC series circuit with low cost hardware and software

Edgar Serrano Pérez

Universidad Tecnológica de México - UNITEC MÉXICO - Campus Atizapán

*E-mail: edgar_serrano@my.unitec.edu.mx

Recibido: 06/11/2020; Aprobado 19/04/2021

Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo del modelado de la respuesta a un escalón de 5 Volts de un circuito RC conectado en serie. Se presenta el método de identificación del sistema utilizando una tarjeta basada en Arduino Nano como sistema de adquisición de datos. A partir de los datos experimentales obtenidos, se definieron las funciones de membresía de la entrada y salida del sistema difuso, cuya implementación se realizó a través de la caja de herramientas de lógica difusa en Scilab. Un conjunto de 11 reglas permitió relacionar las entradas con las salidas en un sistema de inferencia de tipo Mamdani. El trabajo engloba la combinación de elementos de hardware de bajo costo con programas de uso libre para la integración didáctica que permite introducir conceptos fundamentales de la lógica difusa en un enfoque de aplicación física práctica. Los resultados del modelado difuso se comparan tanto con los resultados obtenidos experimentales, como los resultados numéricos que se obtienen utilizando la formulación analítica clásica para el sistema de circuito RC conectado en serie..

Palabras clave: Lógica difusa; Arduino; Modelado; Low cost; Hardware.

Abstract

This work presents the development of modeling for the response to a 5 Volt step of a RC series circuit. The system identification method is presented using an Arduino Nano based board as the data acquisition system. From the experimental data obtained, the input and output membership functions are defined. The implementation was carried out through the Fuzzy Logic Toolbox in Scilab. A set of 11 rules relate inputs to outputs in a Mamdani type inference system. The work includes the combination of low-cost hardware elements with open source software for the didactic integration that allows introducing fundamental concepts of fuzzy logic in a practical physical application approach. The results of the fuzzy logic model are compared with the experimental, numerical and the classical analytical formulation for the RC series circuit.

Keywords: Fuzzy Logic; Arduino; Modelling; Low cost; Hardware.

Introduction

Today, we are immersed in an increasingly digitized society, numerous applications and technological devices have emerged from applications of artificial intelligence. The development of electronics and household appliances that use fuzzy logic as a decision-making method has increased steadily. Numerous technological advances have been benefited from the development of systems based on fuzzy logic [1]–[3]. The learning of various branches of artificial intelligence such as fuzzy logic and neural networks, are generally taught in optional specialization courses in careers related to mechatronics. Theoretical sessions and laboratory experiments provide a hands-on approach to developing manual skills and abilities. Through laboratory experiments it is possible to verify theoretical

results, make comparisons and contrast them, furthermore where is appropriate, make some adjustments to the models based on the experimental results.

Related work

The exploration of the RC circuit has been used to address fundamental concepts of physics related to electric current, resistance and capacitance with various approaches [4]. In this work it has been proposed to model the response of a resistor-capacitor series circuit, when a unit step input of 5 volts of direct current is connected. The use of fuzzy logic is encouraged for this purpose, implemented through low-cost hardware and open software elements such as Arduino [5] and Scilab for system identification. In the current moments of contingency there is a growing

need to transfer educational and academic environments to the home, where engineering students take virtual sessions. It is of great importance the development of laboratory practices in the engineering area [6], they can be carried out using available and low-cost hardware elements, as well as the use of free software that facilitates the processing and interpretation of data.

This engineering experiment could be adapted for students to introduce and gain an understanding of the fuzzy logic modeling process, through a real-life experiment using open hardware instrumentation and open source software. This situation could reduce the inconveniences observed during the transfer of face-to-face engineering education into educational centers, to home confined spaces of virtual distance education.

System identification using the Arduino platform

The modeling of response to a 5 volt step input of a circuit formed by a resistor (100 k Ω) and a capacitor (100 μ F) using fuzzy logic start with the experimental identification of the system. The objective is to know the behavior and evolution of the voltage at capacitor terminal as a variable output in time. An Arduino Nano based board has been used for the experiment. The microcontroller board has low cost and it is possible to acquire it with some ease in establishments dedicated to the commercialization of electronic components. Through analog pin A0 it is possible to measure the analog voltage of the capacitor over time. The connection diagram for the physical implementation can be observed in Figure 1.

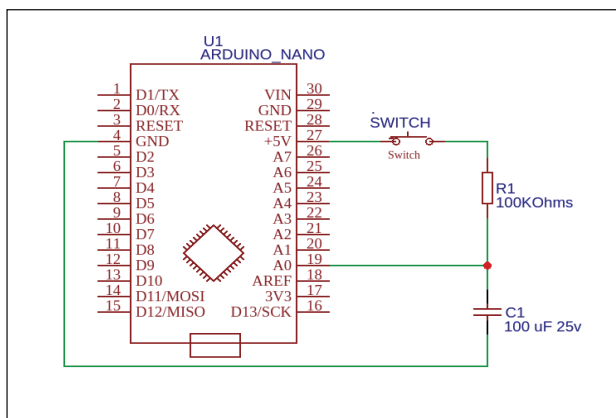


Figure 1: Electronic diagram for RC series circuit data acquisition.

At the beginning of the test, it must be ensured that the capacitor is completely discharged. To ensure that it starts from 0 volts. The capacitor terminals can be connected to the same resistance for a period of 2 minutes without the power source, in order to ensure the initial conditions of the experiment. The data transfer between the Arduino Nano based board and a personal computer is carried out between the Serial monitor enabled by the program, as shown in Figure 2.

```
//Volts Capacitor

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  int vtcap = analogRead(A0);
  float vcap = vtcap * (5.0 / 1024.0);
  Serial.print("Voltage Cap = ");
  Serial.println(vcap);
  delay(1000);
}
```

Figure 2: Arduino language program for data acquisition.

The implementation of the program in Arduino language, performs a data sampling for the analog signal using a time delay 1000 ms, that is, an analog voltage reading is made about one second. Considering that the circuit consists of a 100 k Ω resistor and a 100 μ F capacitor, it is observed that the constant of the system is reached around 10 seconds, that is, 63% of the expected final value. The circuit presented is simple, the values of the resistance and the capacitor can be modified and adapted for other educational purposes, where it is necessary to increase or decrease the establishment time of the transient response of the circuit.

The use of the board based on Arduino nano has allowed to obtain experimental results that allow to create a model based on fuzzy logic. The main purpose is estimating the response of the circuit over time, using linguistic variables in an approximate decision-making system. The analog voltage between the capacitor terminals is read by the analogRead function through the A0 physical pin of the board with microcontroller. The analog reading and digital conversion, allows to obtain voltages values between 0 and 5 volts. It is noted that the microcontroller board have an analog-to-digital converter with 10 bit resolution. The experimental results obtained from the reading of analog voltages over time, corresponding to the evolution of the voltage across the capacitor terminals over time, are shown in Table 1. The data were obtained directly from the interface of the serial monitor with the that found in the Arduino program.

Table 1: Experimental data acquisition using the Arduino Nano based board for the RC series circuit.

Time (seconds)	Voltage (volts)
0	0
5	1.68
10	2.9
15	3.65
20	4.14
25	4.44
30	4.63
35	4.76
40	4.84
45	4.89
50	4.91

The data obtained experimentally represent the evolution in time of the capacitor charge, from when the capacitor is totally discharged, until reaching values close to the total charge, that is, 5 volts.

Fuzzy Logic modelling through Scilab

The 11 data points obtained from the identification of the system, were used to create a Mamdani-type fuzzy logic system in Scilab [7], through the fuzzy logic toolbox. The system consists of a single “Time” input and a single “Voltage” output. The input variable consists of 11 triangular membership functions distributed in the interval that represents the range from -0.1 to 55 seconds as shown in Figure 3. This range is known as the universe of the discourse of the variable.

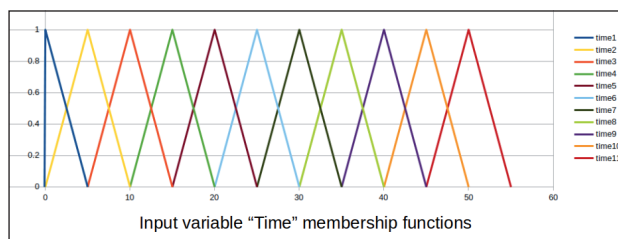


Figure 3: Membership distribution for the Input variable “Time”.

The highest point of each of the triangles represents the highest degree of membership of each function, that is, the core and corresponds to each of the points obtained in the identification of the experimental system through the use of the Arduino Nano board, used as a low cost data acquisition system [8]. The 3 parameters of each proposed triangular functions are: the lower limit, core and upper limit, they can be consulted in Table 2.

Table 2: Triangular membership parameters for the input variable “Time”.

Input Membership function name	Triangular Membership parameters		
Time1	-0.1	0	5
Time2	0	5	10
Time3	5	10	15
Time4	10	15	20
Time5	15	20	25
Time6	20	25	30
Time7	25	30	35
Time8	30	35	40
Time9	35	40	45
Time10	40	45	50
Time11	45	50	55

For the case of the output variable, 11 triangular membership functions are proposed, which were distributed throughout the universe of the variable’s discourse, from -0.1 to 5.01 volts, as can be seen in Figure 4. For the case of selecting the upper limit of each membership function, it was proposed that it must coincide with the core value of the following membership function.

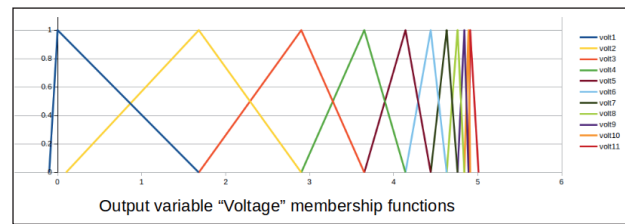


Figure 4: Membership distribution for the Output variable “Voltage”.

The Figure 2 and Figure 4 were created using Open Office Calc for graphical presentation of the data. It is observed that each core of the outgoing membership functions correspond to the point values obtained experimentally from the identification of the system. The distribution of the lower and upper limits of each of the membership functions, for the output variable was made in such a way that the lower limit of the membership function coincides with the core of the membership function. The individual parameters of each of the membership functions, which correspond to the lower, core and upper limits, can be seen in Table 3.

Table 3: Triangular membership parameters for the output variable “Voltage”.

Output Membership function name	Triangular membership parameters		
Votr1	-0.1	0	1.68
Votr2	0.1	1.68	2.9
Votr3	1.68	2.9	3.65
Votr4	2.9	3.65	4.14
Votr5	3.65	4.14	4.44
Votr6	4.14	4.44	4.63
Votr7	4.44	4.63	4.76
Votr8	4.63	4.76	4.84
Votr9	4.76	4.84	4.89
Votr10	4.84	4.89	4.91
Votr11	4.89	4.91	5.01

It is noted that there is a bigger number of membership functions located in the right half of the universe of discourse of the output variable, this situation corresponds to that experimentally, the data obtained for the last time interval are also closer between them, at the end of the time interval. This situation refers to the exponential behavior that first order systems present when a unit step input is applied. Once the input and output variables of the fuzzy system have been defined, a rule base is required for relating each of the inputs with each of the outputs. In this sense, the rule base allows taking a specific action according to a specific input. For this work, 11 rules have been proposed that assign each of the inputs to each of the outputs as can be seen in the Table 4.

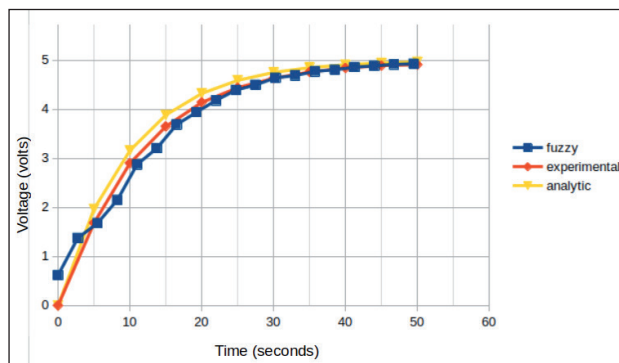
Table 4: Fuzzy Logic rule set for the Mamdani Inference system.

Rule number	Rule
1	If (Time is time1) Then (Voltage is volt1)
2	If (Time is time2) Then (Voltage is volt2)
3	If (Time is time3) Then (Voltage is volt3)
4	If (Time is time4) Then (Voltage is volt4)
5	If (Time is time5) Then (Voltage is volt5)
6	If (Time is time6) Then (Voltage is volt6)
7	If (Time is time7) Then (Voltage is volt7)
8	If (Time is time8) Then (Voltage is volt8)
9	If (Time is time9) Then (Voltage is volt9)
10	If (Time is time10) Then (Voltage is volt10)
11	If (Time is time11) Then (Voltage is volt11)

With the definition of the membership functions of both the input variable and the output variable, the set of rules that relate each of the inputs to each of the outputs, we proceed to construct the fuzzy system using the Mamdani type Scilab Toolbox. The implication method selected was the Minimum and the aggregation method was the maximum. The defuzzification method was the centroid, which allows obtaining a numerical value as the output of the system.

Results and Discussion

When implementing the fuzzy system in Scilab and using the surface view function of the fuzzy logic toolbox, the output response of the system is computed, that is, the relationships that exist between the input and the output of the system. The fuzzy logic modeling, generated from the experimental identification of the system with the microcontroller board, shows that the results obtained with the fuzzy system implemented in Scilab are approximate; the analytical solution is close to the experimental data obtained by mean of the microcontroller board, and also close to the values obtained with the fuzzy logic approach proposed, as shown in Figure 5.

**Figure 5:** Comparison of the data obtained using the fuzzy model, experimental data and analytic data.

It is worth highlighting the approximation obtained to model physical systems implementing a fuzzy logic system. Different parameters can be modified to obtain

a closer tuning in the modeling, such as membership functions definitions for both, the input and output. The implication and aggregation methods can be used, as well as different defuzzification methods. These characteristics make fuzzy logic a very versatile modeling tool that can be adapted for the analysis of more complex systems with multiple inputs and / or multiple outputs.

Conclusions

The implementation of a Mamdani type fuzzy system has been described, to model the response in time to a unit step of 5 volts in a system composed of a resistor and a capacitor connected in series. Low cost and easily acquired hardware elements are used, as well as free software for its implementation through the Scilab tool. This combination favors the implementation of this type of systems for the analysis of the behavior of physical systems and their evolution in time before different physical conditions. It is intended to promote the understanding of fundamental concepts of fuzzy logic with a practical approach that combines the manipulation of hardware elements as well as free software. The work presented could be adapted as an educational tool that allows engineering students and practitioners to develop skills and abilities for the construction of data acquisition systems. This process is fundamental for the identification of systems and the consequent development of control systems in engineering. An emphasis is placed on the use of accessible and low cost devices and software. This situation can be adapted to circumstances where distance education is transferred to individual virtual environments such as the current situation experienced by virus pandemic.

References

1. M. J. Marinelli, M. B. Otegui, P. D. Zapata, y N. H. Acosta, "Control Difuso de una Cámara de Germinación para Hidropónia", Rev. Cienc. Tecnol., p. 6, 2015.
2. J. Jose Salazar, "Diseño y Análisis de desempeño de un inversor de voltaje utilizando controladores inteligentes", MASKAY, vol. 3, n.o 1, Art. n.o 1, nov. 2013, doi: 10.24133/maskay.v3i1.127.
3. A. Díaz, C. Castillo, F. Sáenz, y C. G. Romero, "Sistema embebido de un audífono inteligente para personas con discapacidad auditiva a través de sensores neurológicos", MASKAY, vol. 5, n.o 1, Art. n.o 1, dic. 2015, doi: 10.24133/maskay.v5i1.124.
4. C. Galeriu, C. Letson, y G. Esper, "An Arduino Investigation of the RC Circuit", Phys. Teach., vol. 53, n.o 5, pp. 285-288, abr. 2015, doi: 10.1119/1.4917435.
5. "Diseño de un prototipo para control de acceso con arduino via bluetooth | Revista de Ciencia y Tecnología", Accedido: nov. 05, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/index.php/>

- recyt/article/view/208.
6. **D. Ibrahim y T. Alshanableh**, “*An undergraduate fuzzy logic control lab using a line following robot*”, *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 19, n.o 4, pp. 639-646, 2011, doi: 10.1002/cae.20347.
 7. **R. C. H. Lara**, “*Herramientas de Software Libre para Aplicaciones en Ciencias e Ingeniería*”, *Rev. Politécnica*, vol. 32, jul. 2013, Accedido: oct. 27, 2020. [En línea]. Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/30.
 8. **M. Azúa-Barrón et al.**, “*Low cost data acquisition system with the arduino platform*”, *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, vol. 8, n.o 1, pp. 1-12, feb. 2017, doi: 10.29312/remexca.v8i1.67.

RECYT

Año 23 / N° 35 / 2021 / 66–72

Estimación del costo hospitalario de las úlceras crónicas de miembros inferiores en Tucumán, Argentina

Estimating hospital cost of chronic lower limb ulcers in Tucumán, Argentina

Romina Chavez-Jara*, Nicolás Cerusico, María Lazarte,
Carla A. Cabrera, María E. Sesto Cabral, Alberto N. Ramos

Laboratorio de Estudios Farmacéuticos y Biotecnología Farmacéutica (LEFyBiFa), Instituto de Biotecnología Farmacéutica y Alimentaria (INBIOFAL), CONICET-Universidad Nacional de Tucumán. Av. Roca 2000. San Miguel de Tucumán (T4000). Argentina.

*E-mail: romachavez@gmail.com

Recibido: 21/02/2019; Aprobado 07/09/2020

Resumen

Antecedentes: Las úlceras crónicas de miembros inferiores (UCMI) representan un gran problema para los pacientes y los sistemas de salud.

Objetivo: Determinar el número y el costo de consultas e internaciones asociadas a las UCMI en un hospital público en Tucumán, Argentina.

Métodos: Estudio retrospectivo observacional. La estimación del costo se calculó basada en los días de internación, número de consultas, tratamientos realizados y análisis de laboratorio.

Resultados: En el periodo 2013-2014, se identificaron 7224 consultas y 359 internados con códigos CIE-10 relacionados a UCMI.

La estancia media fue de 22.88 días. Se observó una media de 0.41 cirugías por pacientes, donde el 25% fueron amputaciones. El costo anual asociado al tratamiento de UCMI en pacientes internados fue US\$ 4.053,65, mientras que en pacientes ambulatorios fue US\$ 3.589,24.

Conclusión: Las UCMI generan una gran carga económica para el Sistema de Salud público en Argentina. Por tanto, es necesario un cambio en la forma de registro de las UCMI en los hospitales, que permita al Sistema de Salud público tomar conciencia del problema y generar las políticas necesarias para resolverlo.

Palabras clave: Úlcera crónica; Costo; Epidemiología; Salud pública; Tratamiento.

Abstract

Background: Chronic lower limb ulcers (CLLU) have an important burden to the individual and the healthcare system

Objective: To determinate the number and cost of consultation and hospitalization associated to CLLU in a public hospital in Tucumán, Argentina.

Methods: Retrospective observational study. Cost estimation were calculated based on days of stay, treatments and laboratory tests in a inpatient population and the number of consultations, treatments and laboratory tests in a outpatient population.

Results: In 2013 and 2014, the overall number of consultation with ICD-10 codes was 7224 and the number of inpatient was 359.

The length of stay was 22.88 days. There was a mean of 0.41 surgeries per patient where 25% were amputations. The mean annual cost in a single public hospital was US\$ 4053.65 per inpatient and US\$ 3589.24 per outpatient.

Conclusion: CLLU generate a great economic burden for the public Health System in Argentina. Therefore, there is a need of changing the way of registration of CLLU in hospitals, allowing the public Health System to become aware of the problem and generate the necessary policies to solve it.

Keywords: Chronic wound; Cost; Epidemiology; Public health; Treatment.

Introduction

Chronic lower limb ulcers (CLLU) remain a challenging problem in modern society, and represent significant medical, economic and social burdens [1,2]. The epidemiological rates vary considerably depending on diagnosis,

year and country [3]. Chronic ulcers will continue to be a growing concern as increases life expectancy and more people will be at risk for developing these conditions [4] given the increasing prevalence of diabetes and other chronic diseases that may affect wound healing [5].

Successful treatment that stimulates healing is an

essential step toward eliminating morbidity, improving quality of life for patients, and decreasing healthcare costs [6]. Surgical treatment accounts for the major portion of treatment activity [7]. The standard of care for chronic ulcers are debridement [8], infection control, moisture balance [9, 10] and wound cleansing, with pressure offloading for diabetic foot ulcers (DFU) [8] and pressure ulcers (PU) [4] and compression therapy for venous ulcers (VU) [9]. The combination of the high prevalence of chronic ulcers with the resource intensity of treatment, results in a high economic burden to the health-care system [4].

Data on treatment cost for CLLU are inconsistent and vary largely depending on disease, health system and evaluation method [11]. More precisely, in developed countries reported annual costs per patient for VU range from US\$ 4000 to US\$ 35000 [11]. Pressure ulcers have been observed to result in US\$ 700 to US\$ 90000 excess hospital cost and DFU has ranged from US\$ 11710 to US\$ 21400 in the first year [12]. Limited evidence is available on the costs of CLLU in Latin American countries. One study in Brazil with DFU showed an estimated average cost for outpatient management that range from US\$ 400 to US\$ 1600 [13] and the average hospitalization cost per patient range from US\$ 400 to US\$ 2700 [13]. Meanwhile, in Peru the annual cost per patient hospitalization range from US\$1022 to US\$ 7360 according to the treatment applied [14]. Major cost drivers were hospitalization, nursing costs and dressing material for health system [15] and topical drugs and medical products for patients [15]. In Argentina, there is a lack of information about epidemiological and economic impact of CLLU. Burden information is important for public health policy makers to advocate for implementation of prevention, treatment recommendations [13] and therapeutic effectiveness. Therefore, this study was undertaken to analyze the demographic and hospital economic characteristics of chronic lower limb ulcers in a public hospital in Argentina.

Methods

A. Study population and data assessment

A retrospective study of outpatients and inpatients treated at Angel C. Padilla Hospital during the period from January 1, 2013 to December 31, 2014 was performed. This is a referral hospital in Province of Tucuman and the northwest of Argentina. The examined population comprised all hospital consultations and admissions, based on the International Classification of Diseases (ICD-10): L97 (Ulcer of lower limb, not elsewhere classified), E11.5 (Type 2 diabetes mellitus with peripheral circulatory complications), I83.0 (Varicose veins of lower extremities with ulcer), I77.8 (Other specified disorders of arteries and arterioles) and L89 (Decubitus ulcer and pressure area).

Demographic information (age and gender) were

collected from the patients' medical records over the study period. To estimate the cost of hospitalization the length of stay for inpatient and the number of consultations for outpatient were obtained. There were also identified treatments performed to the ulcer and to the control of infection, surgical procedures and laboratory tests.

B. Calculation of cost

The associated costs were calculated using the Nomenclator of Health Benefits for the Public Hospitals (NHM National Health Ministry Resolution No. 60-2015) and converted to 2014 US dollars. The estimated cost of CLLU inpatients includes total hospitalization days (medical and nursing fees, drug treatment, disposables and practice fees), laboratory tests and surgical procedures (amputation, surgical debridement, skin biopsies, bone biopsies, vascular surgery and skin graft). Outpatient costs include the total number of consultations, nursing fees and disposables for cleansing the ulcer and laboratory tests.

C. Statistical analysis

Data have been summarized and reported as percentage and frequency tables. All analyses were performed using SPSS (Statistical Package for Social Science) software (version 22.0) (SPSS Inc., Chicago, IL).

D. Ethical standards

This study was conducted with the approval of the Ethics and Teaching Committee from the Angel C. Padilla Hospital.

Results

A. Consultations and outpatients characteristic

The overall number of consultation with ICD-10 codes showing in Table 1 in the period of study was 7224, corresponding to 640 patients. The highest ratio of consultation occurred between 50 and 59 years old (55.46%) with almost 97% of consultation recorded as L97. The mean age ($\pm$ SD) for male outpatient consultations was 59.53 ($\pm$ 13.06) years and 59.04 ($\pm$ 10.93) years for female outpatient consultations. The oldest patient was 88 years and the youngest was 16 years. A slight male predominance was observed in consultations (53.16%).

Table 1: "Age and gender distribution according to ICD-10 codification for consultation and hospitalization".

	Consultation (n= 7224)			
	Male		Female	
ICD-10 Codes	(%)	Age ^a	(%)	Age ^a
L97	51.83	(19 - 88) 59.6±12.9	44.85	(16 - 85) 58.9±11
L89	1.00	(34 - 60) 49.7±13.8	0.33	(73 - 76) 75.4±1.3
I83.0	0.00	0	1.33	(43 - 68) 58.8±10.9
I77.8	0.33	(78 - 80) 80±2.3	0.33	(54 - 63) 59.7±3.7
E11.5	0.00	0	0.00	0

	Hospitalization (n=359)			
	Male		Female	
ICD-10 Codes	(%)	Age ^a	(%)	Age ^a
L97	8.52	(16 - 96) 54±18.7	6.04	(17 - 80) 52.6±17.1
L89	0.27	36	0.00	0
I83.0	17.86	(15 - 92) 45.1±19.7	6.87	(20 - 86) 48.3±17.9
I77.8	0.82	(44 - 76) 59.3±16.0	1.10	(20 - 59) 45.3±18.2
E11.5	43.68	(30 - 86) 58.3±9.9	14.84	(33 - 93) 58.7±13.2

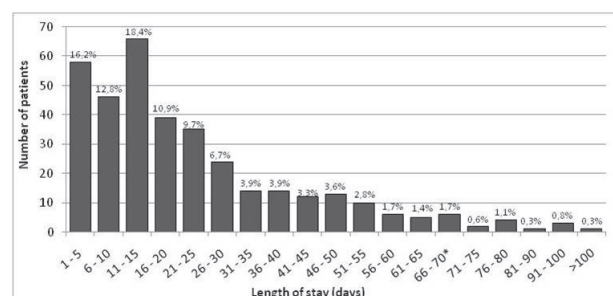
a- Age is represented in (range) and mean ± SD

Twice a week outpatients assisted to the hospital to have wound cleansing with saline solution. A total of 65016 cleansings were registered in this study. Other treatments showing in Table 2 were performed on outpatients with CLLU. Topical medication was applied in 48.6% of the treatments. The most common were autolytic debridement products (chloramphenicol-collagenase ointment), antiseptics (molasses, silver sulfadiazine cream, Dakin's solution, ethanol, acetic acid and povidone iodine), moist occlusive dressing (soft dressing and transdermal patches) and pro-healing (skin graft, platelet-rich plasma and Centella asiatica). Two clinical laboratory tests (complete blood count, erythrocyte sedimentation rate, blood glucose test, blood urea nitrogen, creatinine blood test and urinalysis) were requested per year to each outpatient. A number of 1204 clinical laboratory tests and 602 bacterial identifications by culturing from biopsies samples (antibiotic sensitivity and Gram stain) were performed.

B. Hospital admissions and inpatients characteristics

During the 2-years study period, 359 inpatients were admitted in the Padilla Hospital and recorded using ICD-10 codes showing in Table 1. On the subject of the number of hospitalizations, 91.36% of inpatients were hospitalized once, while 7.52% were hospitalized twice, followed by 0.84% with three hospitalizations and 0.28% hospitalized four times. The sum of hospitalization days was 8214. The average length of stay was 22.88 days and 71.0 % stayed

hospitalized more than 10 days (Figure 1). On the other hand, 42.0% of patients were hospitalized previous to the study period.

**Figure 1:** Length of stay. Distribution in an inpatient population with CLLU.

There was a considerable male predominance (71.15%) among CLLU inpatients. The oldest patient was 96 years and the youngest was 16 years. The mean age (±SD) for females was 54.5 (±8.6) years and 63.9 (±10.4) years for males. The age range with the highest frequency of inpatients for women was 50-59 years (39.0% of female population), and 60-69 years for men, (34.0% of male population). The leading ICD-10 codes among CLLU inpatients were E11.5 (58.52%), I83.0 (24.73%) and L97 (14.56%).

Treatments performed for the management of the ulcer are shown in table 2. Specific treatments for the ulcer and the infection were applied in 19.77% and 1.39% had vascular surgeries. A total of 147 surgical procedures were performed, with 25.20% amputations during the study (Table 3). There was 9.47% of inpatient with an amputation before this study. Each week a clinical laboratory test (complete blood count, erythrocyte sedimentation rate, blood glucose test, blood urea nitrogen, creatinine blood test and urinalysis) were performed per patient. For these patients, a total of 2347 clinical laboratory tests and 378 bacterial identifications by culturing (antibiotic sensitivity and Gram stain) were performed.

Table 2: "Treatments prescribed to outpatients and inpatients for the ulcer and the infection".

Consultation	(%)
Debridement	18,2
Antiseptics	16,8
Wet dressing	10,3
Pro-healing	6,1
Anti-inflammatory	4,8
Hospitalization	
Specific treatment for the ulcer	(%)
Daily cure with saline solution	58,5
Hydrocolloid dressing	2,8
VAC therapy	8,6
Growth factor therapy	2,9
Lactobacillus ^a	1,4
Compression bandages	2,9
Drains	7,1
Treatment for infection	
Molasses	7,2
Alcohol + lidocaine	4,3
Povidone-iodine	2,9
Sodium hypochlorite (Dakin's solution)	1,4

a- *Lactobacillus* refers to a topical treatment with *Lactobacillus plantarum* culture [16] promoting the chronicity of inflammation and wounds.

Because antibiotics fail to eradicate bacteria, especially in biofilm form, new therapeutic modalities may be required. In the present study, the effectiveness of bacteriotherapy with *Lactobacillus plantarum* on infected chronic venous ulcers was investigated and its effects on interleukin (IL

Table 3: "Amputation and other surgical procedures performed during hospitalization".

Amputation (n=37)	(%)
Minor amputation ^a	73.53%
Trans-femoral amputation	8.82%
Syme's amputation	2.94%
Trans-tibial amputation	2.94%
Hallux amputation	5.88%
Trans-metatarsal	5.88%
Other surgical procedure	(%)
Surgical debridement	66.67%
Skin biopsy	5.44%
Bone biopsy	1.36%
Skin graft	1.36%

a "Minor amputation" refers to amputation of toes

C. Hospital cost

Table 4 shows the estimated costs for CLLU hospitalizations and consultations. The mean cost to a single public Hospital per year was US\$ 4053.65 per inpatient and US\$ 3589.24 per outpatient. Hospital stay (medical and nursing fees, drug treatment, disposables and practice fees) were the main cost factor. The inpatients incurred relevant costs through the self-purchase of topical drugs and medical products (e.g. antibiotics). The majority of the inpatients were Medicare beneficiaries (67.69%) with healthcare coverage. The main cost factor for outpatients was the nursing fees for wound cleansing using saline solution and sterile gauze.

Table 4: "Estimated cost of chronic lower limb ulcer hospitalization and consultation in 2013-2014".

Outpatient	US\$
Consultation	334585.26
Ulcer cleaning	1581675.79
Laboratory tests ^a	244461.29
Total hospital cost	2160722.34
Average cost per outpatient/year	3589.24
Inpatient	
Hospital stay	2472846.32
Amputation	93648.42
Other surgical procedures ^b	132090.53
Laboratory tests ^a	252471.35
Total hospital cost	2951056.61
Average cost per inpatient/year	4053.65

a- Laboratory test" includes clinical laboratory tests

and bacterial identification by culturing.

b- Other surgical procedures" includes surgical debridement, skin biopsies, bone biopsies, vascular surgery and skin graft.

Discussion

The management of chronic wounds is complex, time-consuming, and requires high level of resources [3], and can result in an important economic and public health burden, especially in low and middle income countries [13]. In Argentina healthcare is provided by both public and private sectors. Public healthcare service offers free of charge, and universal access to all the population. Despite the significant health and economic burden [17-20], there are not previous studies about epidemiological information and economic impact of chronic wounds in Argentina. This study was undertaken to analyze the demographic and hospital economic characteristics of chronic lower limb ulcers in a public hospital in Argentina.

The most frequent age range of ulceration in this study was between 50 and 59 years. This finding agreed with a nationwide study in Germany using ICD-10 codes for leg ulcers in outpatients and inpatients populations showing that the probability of developing a wound doubled between the ages of 50 and 60 years [3].

The use of ICD-10 codes allowed us to obtain results with standardized international coding criteria. However, the identification of patients based on the clinical diagnosis and subsequent coding could lead to an underestimation of cases because in our community physicians are not used to ICD-10 codes. Besides in some cases, patients were coded by the underlying disease and not by the ulcer-related code. Also, in the first consultation the codification is performed by the hospital's administrative staff. We found a very clear difference in classification distribution between outpatients and inpatients. In the outpatient population, 97% were classified as L97, while only 14.56% of the inpatients received the same classification. This clearly shows that only when the patients are hospitalized they receive an accurate codification. The lack of accurate classification (and maybe of diagnosis) during consultations could be consider as a negative marker explaining the lack of healing effectiveness in this study population.

On the other hand, most of inpatients were E11.5 (58.52%). This result is influenced by the internal organization of the Province Health System (SIPROSA) that derives mainly diabetic patients to this hospital. This also could explain the high male predominance in inpatients (Table 1). Male gender predominance is consistent with many earlier studies [21], [22], [23]. Also, it is possible to suggest that males are more liable to foot trauma and hence they are commoner in diabetic foot ulceration [23].

This study shows major cost associated to wound cleansing. This burden could be underestimating considering that usually patients performed daily home cleansing of the wound or in Primary Health Care Centers, leading to an underregistration of the procedure.

During this study we observed different markers that are directly related with the lack of therapeutic effectiveness of the applied treatments affecting significantly the hospital cost of CLLU. For example, 8.64% of patients were hospitalized more than once during 2013 and 2014, and 42.0% were hospitalized previous to this study. A second marker was that 71% of patients stayed hospitalized more than 10 days due to CLLU complications with an average of 22 days compared to Germany and UK where the mean length of stay was 8.4 days and 12.8 days [11], [14]. Surgical procedures were the third marker. A mean of 0.41 surgeries were performed for each patient, and 25% of these procedures were amputations. Besides, 10.33% of patients were amputated during the study and 9.47% previous to this study showing a long medical history with low therapeutic effectiveness. Finally, only 19.77% of inpatients received specific treatments for the ulcer, including pro-healing treatments and treatments for infection which could also explain the lack of therapeutic effectiveness comparing to previous studies that focus on specific management of the ulcer [11], [21], [24], [25]. Another hypothesis to this low therapeutic effectiveness is the outpatient ICD-10 code misregistration leading to the use of unspecific or inaccurate treatments protocols for the CLLU healing. The problem of non-healing highlights the importance of effective diagnosis/codification and appropriate treatment [20]. Drew *et al.* suggest that ensuring effective and timely diagnosis and appropriate treatment is significantly more likely to affect costs [20].

Data on treatment costs for leg ulcers are inconsistent and vary largely depending on disease, health system and evaluation method [7]. For example, in developed countries as US and Germany health system spent annually an average annual cost per patient of US\$ 3846.15 and US\$ 11130, respectively [6], [11]. However, in developing countries as Brazil and Peru, DFU costs range from US\$ 400 to US\$ 2700 and US\$ 1022 to US\$ 7360, respectively [13, 14]. Our results are consistent to the US costs with an annual average cost of US\$ 3589.24 per outpatient and US\$ 4053.65 per inpatient (Table 4).

In several developed countries the estimated costs are

based on the full healing of the ulcer [20] and the type of ulcer [4], [14], [21], [26], [27] meanwhile in our study the results shows the annual cost for the management of CLLU. Therefore, we assumed that the healing cost will be higher; this shows the paradox of poverty/excess of expenditure that typically face the health systems of developing countries [28], [29], [30]. A major cause is the lack of information in developing countries about the economic burden of CLLU and the lack of evaluation of therapeutic effectiveness that allow optimizing treatments and reducing healing time.

This study had several limitations. Data were obtained from a single hospital. The use of diagnosis codes to identify individuals in our population may not be completely accurate. Individuals may have been misdiagnosed, with some individuals with chronic ulcers coded with a different diagnosis and other individuals without chronic ulcers unintentionally diagnosed as having an ulcer. In this study, some medical records, classified as CLLU with ICD-10 codification, did not have data on ulcers, therefore information containing in those medical records were eliminated from the analysis. One hypothesis about the misdiagnosis records is that, in 2013 the medical records registration was performed by administrative personnel, not by the medical personnel. In addition the electronic registration system using ICD-10 coding was applied for the first time in 2012, and this could be one of the causes of misregistration. Another limitation could be the prevalence of wound type considering that, in recent years, Padilla Hospital has become in a center for DFU treatment.

Conclusion

The costs for the management of chronic wounds in a single public hospital in Argentina amounted to US\$ 2951,056.61 in the 2013-2014 period, generating a high economic impact on the public Health System. These costs were mainly associated with wound evolution times, hospitalization times, amputations and ineffective treatments. The results of this study have great implications in the management of public hospitals for the implementation of more efficient data records and adequate follow-up of the patient. Treatment of chronic wounds is time consuming, difficult, and the pathogenesis complicated. The management of chronic wounds in developed and developing countries faces enormous challenges. In this study, despite the underregistration we observed a high cost for the management of outpatient and inpatient CLLU in a single public hospital in Tucumán. Medical records showed an alarming underregistration of CLLU because professionals do not focus on the ulcer healing, but on the treatment of the underlying pathology. This decreases the probability of an accurate calculation of costs and therapeutic effectiveness leading to a vicious circle that involves, underregistration of poor therapeutic effectiveness, maintenance of old

therapeutic protocols, with consequent long healing times and associated costs. There is a need to change the form of CLLU registration so that physicians and nurses have a comprehensive assessment and consistent understanding of the wound, leading to the choice of appropriate treatment options for the patient and, for the public Health System to become aware of the problem and take the necessary policies to solve it.

Conflict of interest

All authors declare that they have no conflict of interest.

Acknowledgements

the authors would like to thank the Hospital Angel Padilla and the Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

References

- Agale SV. *Chronic Leg Ulcers: Epidemiology, Aetiopathogenesis, and Management*. Hindawi Publ Corp 2013;2013:9. doi:http://dx.doi.org/10.1155/2013/413604.
- Franks PJ, Moffatt CJ, Doherty DC, Smithdale R, Martin R. *Longer-term changes in quality of life in chronic leg ulceration*. Wound Repair Regen 2006;14:536–41. doi:10.1111/j.1743-6109.2006.00160.x.
- Heyer K, Herberger K, Protz K, Glaeske G, Augustin M. *Epidemiology of chronic wounds in Germany: Analysis of statutory health insurance data*. Wound Repair Regen 2016;24:434–42. doi:10.1111/wrr.12387.
- Chan B, Cadarette S, Wodchis W, Wong J, Mittmann N, Krahn M. *Cost-of-illness studies in chronic ulcers: a systematic review*. J Wound Care 2017;26:S4–14. doi:10.12968/jowc.2017.26.Sup4.S4.
- Han G, Ceilley R. *Chronic Wound Healing: A Review of Current Management and Treatments*. Adv Ther 2017;34:599–610. doi:10.1007/s12325-017-0478-y.
- Brem H, Stojadinovic O, Diegelmann RF, Entero H, Lee B, Pastar I, et al. *Molecular Markers in Patients with Chronic Wounds to Guide Surgical Debridement*. Mol Med 2007;13:30–9. doi:10.2119/2006.
- Finn Gottrup, M.D. DMS, The. *A specialized wound-healing center concept: importance of a multidisciplinary department structure and surgical treatment facilities in the treatment of chronic wounds*. Am J Surg 2004;187:38–43. doi:http://dx.doi.org/10.1155/2013/413604.
- Orsted, H. L., Searles, G. E., Trowell, H., Shapera, L., Miller, P., & Rahman J. *Best Practice Recommendations for the Prevention, Diagnosis and Treatment of Diabetic Foot Ulcers : Update 2006*. Adv Skin Wound Care 2007;20:655–69. doi:10.1097/01.ASW.0000284957.16567.3a.
- Burrows C, Miller R, Townsend D, Bellefontaine R, Mackean G, Orsted HL, et al. *Best Practice Recommendations for the Prevention and Treatment of Venous Leg Ulcers : Update 2006*. Adv Skin Wound Care 2007;611–21. doi:10.1097/01.ASW.0000284937.32707.c4.
- Woo KY, Botros M, Kuhnke J, Evans R, Alavi A. *Best Practices for the Management of Foot Ulcers in People with Diabetes*. Adv Skin Wound Care 2013;26:512–24. doi:10.1097/01.ASW.0000436385.24508.d5.
- Augustin M, Brocatti LK, Rustenbach SJ, Schäfer I, Herberger K. *Cost-of-illness of leg ulcers in the community*. Int Wound J 2014;11:283–92. doi:10.1111/j.1742-481X.2012.01089.x.
- Chan BCF, Cadarette SM, Wodchis WP, Mittmann N, Krahn MD. *Lifetime cost of chronic ulcers requiring hospitalization in Ontario, Canada: A population-based study*. Wound Med 2018;20:21–34. doi:10.1016/j.wndm.2018.01.002.
- Toscano C, Sugita T, Rosa M, Pedrosa H, Rosa R, Bahia L. *Annual Direct Medical Costs of Diabetic Foot Disease in Brazil: A Cost of Illness Study*. Int J Environ Res Public Health 2018;15:89. doi:10.3390/ijerph15010089.
- Cardenas MK, Mirelman AJ, Galvin CJ, Lazo-Porras M, Pinto M, Miranda JJ, et al. *The cost of illness attributable to diabetic foot and cost-effectiveness of secondary prevention in Peru*. BMC Health Serv Res 2015;15:483. doi:10.1186/s12913-015-1141-4.
- Purwins S, Herberger K, Debus ES, Rustenbach SJ, Pelzer P, Rabe E, et al. *Cost-of-illness of chronic leg ulcers in Germany*. Int Wound J 2010;7:97–102. doi:10.1111/j.1742-481X.2010.00660.x.
- Peral MC, Rachid MM, Gobbato NM, Huaman Martinez MA, Valdez JC. *Interleukin-8 production by polymorphonuclear leukocytes from patients with chronic infected leg ulcers treated with Lactobacillus plantarum*. Clin Microbiol Infect 2010;16:281–6. doi:10.1111/j.1469-0691.2009.02793.x.
- Lal BK. *Venous ulcers of the lower extremity: Definition, epidemiology, economic and social burdens*. Semin Vasc Surg 2015;28:3–5. doi:10.1053/j.semvasc-surg.2015.05.002.
- Clarke P, Leal J, Kelman C, Smith M, Colagiuri S. *Estimating the cost of complications of diabetes in Australia using administrative health-care data*. Value Health n.d.;11:199–206. doi:10.1111/j.1524-4733.2007.00228.x.
- Rezende KF, Ferraz MB, Malerbi DA, Melo NH, Nunes MP, Pedrosa HC, et al. *Predicted annual costs for inpatients with diabetes and foot ulcers in a developing country - A simulation of the current situation in Brazil*. Diabet Med 2010;27:109–12. doi:10.1111/j.1464-5491.2009.02871.x.
- Drew P, Posnett J, Rusling L. *The cost of wound care for a local population in England*. Int Wound J 2007;4:149–

55. doi:10.1111/j.1742-481X.2007.00337.x.
21. Hopkins RB, Burke N, Harlock J, Jegathisawaran J, Goeree R. *Economic burden of illness associated with diabetic foot ulcers in Canada*. BMC Health Serv Res 2015;15:1–9. doi:10.1186/s12913-015-0687-5.
22. Kiziltan ME, Gunduz A, Kiziltan G, Akalin MA, Uzun N. *Peripheral neuropathy in patients with diabetic foot ulcers: Clinical and nerve conduction study*. J Neurol Sci 2007;258:75–9. doi:10.1016/j.jns.2007.02.028.
23. Hokkam EN. *Assessment of risk factors in diabetic foot ulceration and their impact on the outcome of the disease*. Prim Care Diabetes 2009;3:219–24. doi:10.1016/j.pcd.2009.08.009.
24. Phillips CJ, Humphreys I, Fletcher J, Harding K, Chamberlain G, Macey S. *Estimating the costs associated with the management of patients with chronic wounds using linked routine data*. Int Wound J 2015;1–5. doi:10.1111/iwj.12443.
25. Powers JG, Higham C, Broussard K, Phillips TJ. *Wound healing and treating wounds. Chronic wound care and management*. J Am Acad Dermatol 2016;74:607–25. doi:10.1016/j.jaad.2015.08.070.
26. Guest JF, Ayoub N, McIlwraith T, Uchegbu I, Gerrish A, Weidlich D, et al. *Health economic burden that wounds impose on the National Health Service in the UK*. BMJ Open 2015;5:1–9. doi:10.1136/bmjopen-2015-009283.
27. Rice JB, Desai U, Cummings AKG, Birnbaum HG, Skornicki M, Parsons N. *Burden of venous leg ulcers in the United States*. J Med Econ 2014;17:347–56. doi:10.3111/13696998.2014.903258.
28. Van Doorslaer E, O'Donnell O, Rannan-Eliya RP, Somanaathan A, Adhikari SR, Carg CC, et al. *Catastrophic payments for health care in Asia*. Health Econ 2007;16:1159–84. doi:10.1002/hec.
29. Sachs JD. *Achieving universal health coverage in low-income settings*. Lancet 2012;380:944–7. doi:10.1016/S0140-6736(12)61149-0.
30. Thiel S Van, Leeuw FL. *The Performance Paradox in the Public Sector*. Public Perform Manag Rev 2002;25:267–81. doi:10.1080/15309576.2002.11643661.

RECYT

Año 23 / N° 35 / 2021 / 73–78

El panorama de las estrategias nanotecnológicas contra el COVID-19: productos y diagnósticos, vacunas y tratamientos

The landscape of nanotechnology strategies against COVID-19: products and diagnostics, vaccines and treatments

Thyago José Arruda Pacheco¹, Franciéle de Matos da Silva¹, Danielle Galdino de Souza^{1,*}, Víctor Carlos Mello da Silva¹, Raquel Santos Faria¹

1- Institute of Biological Sciences, University of Brasília, 70910-900, Brasília, DF, Brazil.

*E-mail: danielle.galdino@hotmail.com

Recibido: 21/11/2020; Aprobado 09/04/2021

Resumen

El estado de pandemia, declarado por la Organización Mundial de la Salud, el 11 de marzo de 2020, ha puesto a prueba la capacidad de adaptación y respuesta de la sociedad. Una carrera contra el tiempo para buscar estrategias para combatir la enfermedad del nuevo coronavirus contribuye a la unión de los científicos de todo el mundo, incluyendo el uso de la nanotecnología. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue describir el panorama de las estrategias de la nanotecnología contra COVID-19, destacando principalmente los productos y diagnósticos, vacunas y tratamientos que son o pueden ser utilizados. Se realizó una revisión bibliográfica de los estudios publicados entre febrero y noviembre de 2020 en las bases de datos PubMed, Scielo y Google Scholar. Según los índices de las distintas bases de datos, se utilizaron los términos de búsqueda "new coronavirus 2019", "COVID-19", "severe acute respiratory syndrome" Nanotechnology against COVID-19", "COVID-19 Vaccines" sin ninguna restricción de idioma. El uso de materiales de base nanométrica ha indicado un gran potencial contra la diseminación del COVID-19, con la producción de productos, diagnósticos, vacunas y tratamientos. Nuestros resultados demuestran que la nanotecnología ofrece procesos, materiales y herramientas que contribuyen a aumentar la sensibilidad, agilidad y fiabilidad del diagnóstico, además de proporcionar opciones más eficaces para la prevención, el diagnóstico y las terapias.

Palabras clave: Coronavirus; COVID-19; Síndrome respiratorio agudo severo; Nanotecnología; Nanomedicina.

Abstract

The pandemic state, declared by the World Health Organization, on March 11, 2020, has tested society's adaptability and response. A race against time to seek strategies to fight the disease of the new coronavirus contributes to the union of scientists from all over the world, including using nanotechnology. Thus, the objective of the study was described the landscape of nanotechnology strategies against COVID-19, highlighting mainly the products and diagnostics, vaccines and treatments that are or can be used. A literature review was carried out in studies published from February to November 2020 in PubMed, Scielo, and Google Scholar databases. According to the indexes of the various databases, search terms were used: "new coronavirus 2019", "COVID-19", "severe acute respiratory syndrome" Nanotechnology against COVID-19", "COVID-19 Vaccines" without any language restrictions. The use of nano-based materials has indicated a great potential against dissemination of COVID-19, with the production of products, diagnostics, vaccines and treatments. Our results demonstrate that nanotechnology offers processes, materials and tools that contribute to increase the sensitivity, agility and reliability of the diagnosis, in addition to providing more effective options for prevention, diagnosis and therapies.

Keywords: Coronavirus; COVID-19; Severe acute respiratory syndrome; Nanotechnology; Nanomedicine.

Introduction

In December 2019, there were the first outbreaks in China due to the novel coronavirus (SARS-COV-2). With the growing number of cases in several countries, on March 11, 2020, the world health organization declared

the 2019 coronavirus disease pandemic (COVID-19). Since then, scientists from different countries share the same goal: to develop treatments, vaccines, diagnostics, and products against COVID-19. [1, 2]

The different technological strategies against COVID-19 allowed scientific and technological develop-

ment also in the field of nanotechnology, presenting a great need to better understand and explore this novel nano-virus (60-140 nm in diameter). [3, 5]

Nanotechnology provides the development of systems under a dimension of fewer than 100 nanometers, with potential for both diagnosis, treatment, and prevention of diseases, through nanoparticles that have unique properties, presenting better solubility, biocompatibility, conductivity, reduced toxicity, and multifunctionality. [6, 7]

Nanotechnology applied to the medical field is known as nanomedicine, where nanomaterials are used for treatments, vaccines, diagnostics, or disease prevention products. [8]

Nanomedicine, for example, is capable of being used to improve immunogenicity with prophylactic approaches. Nanoparticles can work basically by increasing the activation of immunity so that it protects against disease. [9] Due to their size, 1-100 nm, nanotransporters such as liposomes, nanoemulsions, synthetic polymeric nanoparticles, proteasomes, nano-granules, inorganic nanomaterials, as well as biological polymeric nanoparticles (exosome, bacteriophage) have been widely tested and used in the prevention of infectious and non-infectious diseases, as they can be captured by cells by endocytosis, and thus release biologically active compounds. [10, 11]

Another important feature of nanotechnology in the medical field is the ability to modify the surface and effectively co-deliver adjuvants, which makes nanoparticles a potential candidate for commercial vaccines. Also, nano adjuvants in vaccines protect the target antigen from degradation and increase absorption by immunological mediators of biological systems. This approach is malleable, having the ability to present the antigen in a repetitive manner leading to stable immunogenic properties. [11, 12] This type of nanomedicine-based approach has already been used against SARS-CoV-1 and MERS and now with SARS-COV-2. [13]

Nanomedicine has been present in the modern world for decades, having its first product regulated by the Federal Drug Administration (FDA) in 1995. [14] There are many applications of nanomedicine for different uses. Here we highlight mainly the products and diagnostics, vaccines and treatments that are or can be used against COVID-19.

Methods

A literature review was carried out in studies published from February to November 2020 in PubMed, Scielo, and Google Scholar databases. According to the indexes of the various databases, search terms were used: “new coronavirus 2019”, “COVID-19”, “Nanotechnology against COVID-19”, “COVID-19 Vaccines”, “severe acute respiratory syndrome” without any language restrictions. Those who described a comparative overview of coronavirus, treatments, vaccines, diagnostics and products nano-based against COVID-19 were eligible.

Results and Discussion

Products and diagnostics

During this fight against coronavirus 2019 (COVID-19), our main line of defense is our immune system; however, people who are immunocompromised or who have at least one underlying comorbidity are considered to be quite vulnerable and their only line of defense is disinfectants, facial masks, immune system stimulants and medications. [3] (Fig. 1)

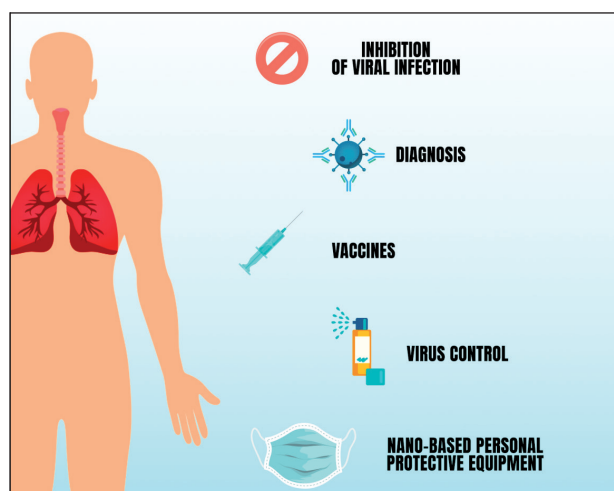


Figure 1: Nanotechnology approaches in the fight against COVID-19.

The nanotechnology field has grown a lot with these new technological advances, and several products based on nano or antiviral agents to block SARS-CoV-2 have been developed. [15, 16] Antimicrobial and antiviral formulations based on nanotechnology can prevent the spread of the SARS-CoV-2 virus, and the development of highly sensitive biosensors and detection platforms can contribute to the detection and diagnosis of COVID-19. [3]

Viral disinfectants, produced using nano-effective antimicrobial and antiviral formulations, are suitable for disinfecting air and surfaces and are also effective in reinforcing personal protective equipment, such as face respirators. Metallic nanoparticles (silver, copper, titanium dioxide nanoparticles) have been proposed as alternatives due to their wide range of inherent antiviral activities, persistence, and ability to be effective at much lower doses. [4]

These nanomaterials have enormous potential as disinfectants against coronavirus, as they have intrinsic antiviral properties, such as the generation of reactive oxygen species (ROS) and photodynamic and photothermal capabilities. The adverse effects on human health and the environment of metallic nanomaterials can be avoided with the use of biodegradable (that is polymeric, lipid-based) nanomaterials. [3]

Preliminary tests showed that the silver nanocluster coating/silica composite in disposable FFP3 face masks (3M TM) had viricidal effects against SARS-CoV-2. [17] The Nan-

oTechSurface developed by Italy is a durable and self-sterilizing formula composed of titanium dioxide and silver ions to disinfect surfaces. Graphene sheets with antibodies have the potential to quickly detect targeted viral proteins and are also used for the development of environmental sensors and filters, due to the low cost of graphene materials. Functionalized graphene has demonstrated a good capacity for viral capture that, combined with heat or light-mediated inactivation, can be used as a disinfectant. [18] Reusable and recyclable graphene surgical masks with excellent superhydrophobic, photothermal performances, and excellent self-cleaning properties are commercially available. [19]

Researchers in Egypt have developed a new device against SARS-CoV-2. This corresponds to a breathing filter mask design based on polylactic acid (PLA), a biodegradable and transparent polymer, cellulose acetate (CA), copper oxide nanoparticles (CuONPs), and graphene oxide (GO). The objective is to allow the polymeric network to prevent the entry of viral particles into the nasal cavity, while CuONPs and GO further inhibit the potential for viral transmission by inactivating the particles trapped in the membrane itself. [1]

Viral detection may be possible through the development of highly sensitive and accurate nanosensors that allow early diagnosis of COVID-19. Nanomaterials functionalized with nucleic acids or antibodies represent the main lines of detection based on nano, through colorimetric or antigen-binding assays, as well as light and photothermal platforms. [20]

Researchers at the Korea Institute of Basic Sciences developed a field-effect transistor (FET) -based biosensor device to detect SARS-CoV-2 in clinical samples. The sensor was produced by coating FET graphene sheets with a specific antibody against the SARS-CoV-2 spike protein. Sensor performance was determined using antigen proteins, cultured viruses, and nasopharyngeal smear specimens from COVID-19 patients. This device has an extraordinary ability to distinguish the SARS-CoV-2 antigen protein from those of the MERS-CoV. [21]

Vaccines

Data from November 12nd show that there are 19 vaccines, from 212, against COVID-19, being developed and that describe in their production method nanomedicine, such as lipid nanoparticles, liposomes, or viral particles (DRAFT landscape of COVID-19). [21] Four of them are already under clinical evaluation, three in phase 3 (one from Moderna / NIAID, other from BioNTech / Fosun Pharma / Pfizer and Novavax), and the one from Imperial College London in phase 1, the latter has not yet released its results so far (Table 1). All of these in the clinical phase use lipid nanoparticles encapsulating RNA encoding structures of the new coronavirus. [22] (Fig. 2)

Table 1: Description of vaccines based on nanoparticles against COVID-19 (On November 2020).

Nome	Organizações envolvidas	Método da vacina	Fase
Moderna/NIAID	National Institutes of Health (NIH) and Moderna (United States)	LNP (lipid nanoparticles)-encapsulated mRNA	Fase 1 NCT04283461 Fase 2 NCT04405076 Fase 3 NCT04470427
Novavax	Novavax, Inc. (United States)	Full length recombinant SARS CoV-2 glycoprotein nanoparticle vaccine adjuvanted with Matrix M	Fase 1/2 NCT04368988 Fase 2b NCT04533399 Fase 3 2020-004123-16 NCT04611802
Ad5-nCoV	CanSino Biological Inc./Beijing Institute of Biotechnology (China)	Adenovirus vector 5, containing SARS-CoV-2 S nanoparticles	Fase 1 ChiCTR2000030906 NCT04568811 Fase 2 ChiCTR2000031781 NCT04566770 Fase 3 NCT04526990 NCT04540419
BNT162 (a1, b1, b2, c2)	BioNTech/Fosun Pharma/Pfizer/ (United States / Germany)	LNP-encapsulated mRNA	Fase 1 NCT04368728 Fase 1/2 2020-001038-36 ChiCTR2000034825 NCT04537949 Fase 3 NCT04368728
LNP-nCoVsaRNA	Imperial College London (England)	LNP encapsulated self-amplifying RNA (saRNA)	Fase 1 ISRCTN17072692
Vaccine candidate	Max-Planck-Institute of Colloids and Interfaces (Germany)	LNP-encapsulated mRNA encoding the receptor binding domain (RBD) of protein SARS-CoV-2	Pre-Clinical
Vaccine candidate	Bio/Sanofi Pasteur (France)	LNP-encapsulated mRNA	Pre-Clinical
Vaccine candidate	CanSino Biologics / Precision NanoSystems (China / Canada)	LNP-encapsulated mRNA	Pre-Clinical
Vaccine candidate	Fudan University/Shanghai JiaoTong University/RNACure Biopharma (China)	LNP-encapsulated mRNA encoding RBD of protein S SARS-CoV-2	Pre-Clinical
Vaccine candidate	Fudan University/Shanghai JiaoTong University/RNACure Biopharma (China)	LNP-encapsulated mRNA cocktail encoding VLP	Pre-Clinical
Vaccine candidate	University of Tokyo/ Daiichi-Sankyo (Japan)	LNP-encapsulated mRNA	Pre-Clinical
Vaccine candidate	BIOCAD (Russia)	Liposome-encapsulated mRNA	Pre-Clinical
Vaccine candidate	Chula Vaccine Research Center/ University of Pennsylvania (United States)	LNP-encapsulated mRNA	Pre-Clinical
Vaccine candidate	National Institute of Chemistry (Slovenia)	Plasmid DNA, nanostructured RBD	Pre-Clinical
Vaccine candidate	Ohio State University / Kazakh National Agrarian University (United States/ Kazakh)	RBD protein delivered in mannoseconjugated chitosan nanoparticle	Pre-Clinical
Vaccine candidate	Saint-Petersburg scientific research institute of vaccines and serums (Russia)	Recombinant protein, nanoparticles (based on S-protein and other epitopes)	Pre-Clinical
Vaccine candidate	LakePharma, Inc (United States)	Nanoparticle vaccine	Pre-Clinical
Vaccine candidate	IMV Inc (Canada)	Peptide antigens formulated in LNP	Pre-Clinical
Vaccine candidate	Globe Biotech Ltd (Bangladesh)	D614G variant LNP-encapsulated mRNA	Pre-Clinical

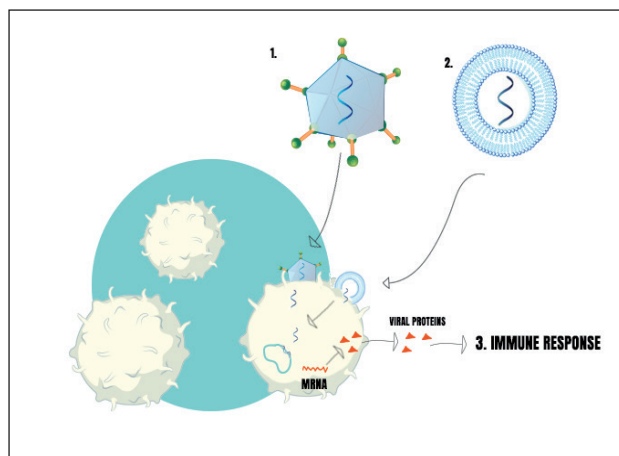


Figure 2: Vaccines using nanotechnology. 1) Nanometric Virus carrying “particles” of SARS-CoV-2 (RNA or other subunits). 2) Nanoparticles carrying “particles” of SARS-CoV-2. These particles inside of virus or nanoparticles are responsible for stimulating factors (like viral proteins from SARS-CoV-2) that causes immune response in several individuals.

The potential vaccine in phase 3, RNA-1273, manufactured by ModernaTX Inc, is an mRNA-based vaccine encapsulated by lipid nanoparticles, which is capable of encoding the Spike (S) protein of the SARS-CoV-2 virus in the host cell. Since this RNA is encapsulated by lipid nanoparticles, the vaccine can be injected intramuscularly into patients. So, when injected, it takes the mRNA to host immune cells encoding the spike protein, so these cells make copies of the protein as if the cells have been infected by the coronavirus and then other immune cells can interact with these spike proteins and trigger the cascade effect of the immune system, leaving the individual protected against possible infection by the coronavirus. This technology took just 42 days to develop and induced anti-SARS-CoV-2 immune responses in all participants, with no limiting safety concerns identified in the trial. [23]

The other potential vaccine with phase 3 nanotechnology is BNT162b1, manufactured by BioNTech / Fosun Pharma / Pfizer. This is a nucleoside-modified mRNA vaccine, also formulated with lipid nanoparticles that encode the trimerized receptor (RBD) binding domain of the SARS-CoV-2 virus spike glycoprotein. The first results of BNT162b1 were published by Nature. Different doses were administered, with an acceptable tolerability and safety profile, where, according to the researchers themselves, they conclude: “The clinical findings were encouraging and strongly support the accelerated clinical development for the rapid production of a vaccine against SARS-CoV-2 to prevent COVID-19”. [24]

Finally, the third potential vaccine against COVID-19 in phase 3 using nanotechnology is produced by Novavax (NVX-CoV2373). This vaccine utilizes immunogenic virus-like nanoparticles based on recombinant expression of the S-protein. The results from phase 1-2 trial were detailed in the *New England Journal of Medicine*. The NVX-CoV2373 showed good results, being safe, and triggered immune responses that exceeded levels in Covid-19 convalescent serum. [25]

Treatments

Several nanobiotechnological platforms were able to combat human viruses, and preclinical studies, such as herpes, hepatitis B, HIV, in addition to some respiratory viruses. [26,27] These platforms can be used to develop therapies and diagnoses against SARS-CoV-2 or other future pandemics. [13,28,29]

When analyzing the panorama of the therapeutic development of COVID-19 with other diseases, we can see that, in both cases, the most important thing is to align the correct drug with the most promising nanocarrier. [30] Thus, we can infer that the challenges for the development of therapies against COVID-19, as well as for other viral diseases or even cancer, for example, are very similar. [31-32]

However, in general aspects, the encounter of the virus with the susceptible host is what makes viral infection possible. We can divide four very important points of the relationship between viruses and host cells for the maintenance of the infectious process. First - the adsorption and penetration of the viral agent in the host; second - transcription, translation (synthesis) and maturation of the viable progeny; third - the release of the host's progeny; and fourth - the resistance of the viral agent to the adversities of the environment. [33]

According to that, we can also observe that therapeutic drugs based on NP can inhibit the effects of viral infections in three main ways (I) blocking receptor binding and entering the cell, (II) inhibiting viral infection, and (III) viral inactivation.

(I) Blocking the binding to the receptor and entering the cell, as shown in the work by Huang *et al.* [34] (2019), where the AuNRs nanoparticle blocked the entry of the MERS virus. [26] AgNPs showed efficient antiviral activity against RSV (herpes simplex virus) infection by directly inactivating the virus before entering host cells. [35] Silica nanoparticles (SiNPs) can act as efficient eliminators of the human immunodeficiency virus (HIV) and the respiratory syncytial virus (RSV). [36]

(II) The inhibition of viral infection, as shown in the study by Lin and coauthors (2017), Se @ ZNV (selenium nanoparticles with the antiviral zanamivir) revealed good biological activity to contain the proliferation of the influenza virus H1N1. [37] According to Silva and coauthors [38], (2016), SiO NPs were able to inhibit HIV infection, showing that the use of these functionalized silica particles presented a promising approach for the control of HIV infection and viral control. [38]

(III) Viral inactivation, as presented in the study by Ghaffari and coauthors [30] (2019), the PEGylated ZnO-NPs nanoparticles had an antiviral activity with inhibitory properties against the H1N1 influenza virus. [39] Kong and coauthors [40] (2019) observed that nanodisks inhibited the infection of the influenza virus H1N1, even suggesting

nanodisks as therapeutic agents against enveloped viruses. [41] (Fig. 3)

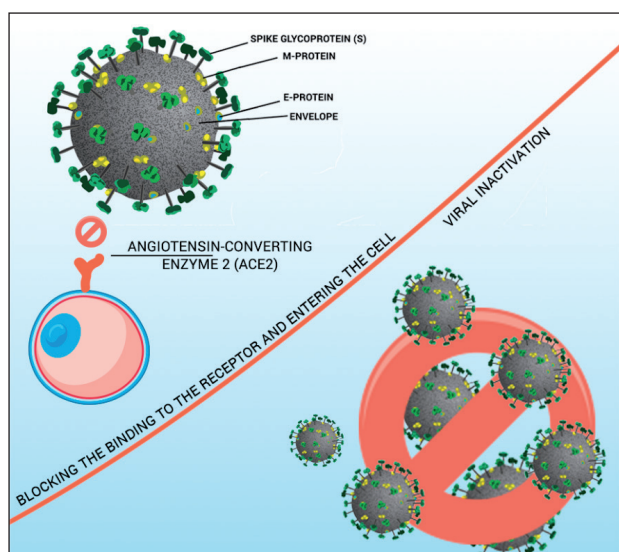


Figure 3: Nanoparticles inhibiting the effects of viral infections in three main ways. (I) blocking receptor binding and entering the cell, (II) inhibiting proliferation, and (III) viral inactivation.

Despite the treatment options currently proposed, the number of serious cases and deaths of patients infected with SARS-CoV-2 is still high. Much of the side effects of antivirals are caused by their accumulation in off-target organs. Nanoparticles can optimize drug delivery to target infection sites and with controlled release properties.[42] Therefore, we must also focus on alternative approaches, such as nanotechnology, to achieve an effective treatment for this disease and to minimize the side effects of the compounds.

Conclusion

There are several options for products, treatments, and vaccines nano-based against COVID-19. The great hope is placed on vaccines and three of them, in phase 3, use nanotechnology. Nanomedicine has already demonstrated its ability to protect, diagnose, and treat other viral diseases or infections; therefore, it may also have a great capacity to fight COVID-19. One of the biggest challenges is ensuring the safe use of these nanomaterials for the entire world population.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge financial support from: the Brazilian National Council for Technological and Scientific Development (CNPq), *Coordinating Agency for Advanced Training of Graduate Personnel (CAPES)*, *Foundation for Research Support of the Federal District (FAPDF)* and the Dean of Research and Post-Graduation of the University of Brasília (DPP-UnB).

References

1. Ahmed M K, Afifi M, Uskokovic V. *Protecting healthcare workers during COVID-19 pandemic with nanotechnology: A protocol for a new device from Egypt*. Journal of Infection and Public Health. 2020, 13(9):1243–1246.
2. Pacheco TJA, Silva FM, Souza DG, Silva VCM, Faria, RS. *Coronavirus disease 2019 (COVID-19): updated evidence of comparative overview, diagnosis and treatments*. Revista Cereus. 2020, 12:228-243.
3. Talebian S, Wallace GG, Schroeder, Francesco S, João C. *Nanotechnology-based disinfectants and sensors for SARS-CoV-2*. Nature Nanotechnology. 2020, 15(8):618–621.
4. Sportelli MC et al. *Can Nanotechnology and Materials Science Help the Fight against SARS-CoV-2?* Nanomaterials. 2020, 10(802).
5. Tabish T A, Hamblin M R. *Multivalent nanomedicines to treat COVID-19: A slow train coming*. Nano Today. 2020, 35(1748– 0132):4.
6. Campos E V R et al. *How can nanotechnology help to combat COVID-19? Opportunities and urgent need*. Journal of Nanobiotechnology. 2020, 18(1):1–23.
7. Vazquez-Munoz R, Lopez-Ribot J L. *Nanotechnology as an Alternative to Reduce the Spread of COVID-19*. Challenges. 2020, 11(2):15.
8. Choi Y H, Han H K. *Nanomedicines: current status and future perspectives in aspect of drug delivery and pharmacokinetics*. Journal of Pharmaceutical Investigation. 2018, 48(1): 43–60.
9. Yadav H K S. et al. *Nanovaccines formulation and applications-a review*. Journal of Drug Delivery Science and Technology. 2018, 44:380–387.
10. Zaman, M.; Good, M. F.; Toth, I. *Nanovaccines and their mode of action*. Methods. 2013, 60(3): 226–231.
11. Zhao L. et al. *Nanoparticle vaccines*. Vaccine. 2014, 32:327–337.
12. Vicente S. et al. *From single-dose vaccine delivery systems to nanovaccines*. Journal of Drug Delivery Science and Technology. 2010, 20(4):267–276.
13. Chan, W. C. W. *Nano Research for COVID-19*. ACS Nano, v. 14, p. 3719–3720, 2020.
14. Fluhmann B. et al. *Nanomedicines: The magic bullets reaching their target?* European Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019, 128:73–80.
15. Itani R, Tobaiqy M, Faraj A Al. *Optimizing use of the-ranostic nanoparticles as a life-saving strategy for treating COVID-19 patients*. Theranostics. 2020, 10(13):5932–5942.
16. Faraj Z. O. A. *Covid-19 Pandemic: Lessons to Learn from China*. Oman Medical Journal. 2020, 35(4):1–2.
17. Balagna C, Perero S, Percivalle E, Nepita EV, Ferraris M. *Virucidal effect against coronavirus SARS-CoV-2 of a silver nanocluster/ silica composite sputtered coating*. Open Ceramics. 2020, 1(2666–5395):3.
18. Palmieri V, Papi M. *Can graphene take part in the fight*

- against COVID-19? *Nano Today*. 2020, 33(1748–0132):1–4.
19. Zhong H. et al. *Reusable and Recyclable Graphene Masks with Outstanding Superhydrophobic and Photothermal Performances*. *ACS Nano*. 2020, 14(5):6213–6221.
 20. Li Z. et al. *Development and clinical application of a rapid IgM-IgG combined antibody test for SARS-CoV-2 infection diagnosis*. *Journal of Medical Virology*. 2020, 92(9):1518–1524.
 21. Seo G. et al. *Rapid Detection of COVID-19 Causative Virus (SARS-CoV-2) in Human Nasopharyngeal Swab Specimens Using Field-Effect Transistor-Based Biosensor*. *ACS nano*. 2020, 14(4):5135–5142.
 22. *DRAFT landscape of COVID-19 candidate vaccines*. <https://www.who.int/publications/m/item/draft-landscape-of-covid-19-candidatevaccines>. Accessed: 2020 oct. 19.
 23. Jackson L. A. et al. *An mRNA Vaccine against SARS-CoV-2 — Preliminary Report*. *New England Journal of Medicine*, 2020.
 24. Mulligan M J. et al. *Phase 1/2 study of COVID-19 RNA vaccine BNT162b1 in adults*. *Nature*, 2020.
 25. Keech, Cheryl et al. *Phase 1–2 trial of a SARS-CoV-2 recombinant spike protein nanoparticle vaccine*. *New England Journal of Medicine*, 2020.
 26. Jackman, J. A.; Lee, J.; Cho, N. J. *Nanomedicine for Infectious Disease Applications: Innovation towards Broad-Spectrum Treatment of Viral Infections*. *Nano. Micro Small*. 2016, 12(9):1133–1139.
 27. Patel S. et al. *Nanoparticles as a Platform for Antimicrobial Drug Delivery*. *Advances in Pharmacology and Pharmacy*. 2017, 5(3):31–43.
 28. Amanat, F.; Krammer, F. *SARS-CoV-2 Vaccines: Status Report*. *Immunity*. 2020, 52:583–589.
 29. Weiss C. et al. *Toward Nanotechnology-Enabled Approaches against the COVID-19 Pandemic*. *ACS Nano*. 2020, 14(6):6383–6406.
 30. Chauhan G. et al. *Nanotechnology for COVID-19: Therapeutics and Vaccine Research*. *ACS Nano*. 2020, 14(7):7760–7782.
 31. Lammers T. et al. *Dexamethasone nanomedicines for COVID-19*. *Nature Nanotechnology*. 2020, 15(8):618–621.
 32. Meel, R. Van Deer et al. *Smart cancer nanomedicine: Strategic directions to improve translation and exploitation*. *HHS Public Access*. 2019, 14(11):1007–1017.
 33. Kostarelos, K. *Nanoscale nights of COVID-19*. *Nature Nanotechnology*. 2020, 15:343–344.
 34. Oliveira, M. B. S. C. D., & Ribeiro, F. C. *Virologia*. EPSJV. 2009.
 35. Huang X. et al. *Novel Gold Nanorod-Based HRI Peptide Inhibitor for Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus*. *ACS Applied Materials and Interfaces*. 2019, 11(22): 19799–19807.
 36. Yang, X. Xi; Mei, C.; Huang, C. Z. *Curcumin modified silver nanoparticles for highly efficient inhibition of respiratory syncytial virus infection*. *Nanoscale*. 2016, 8(3040):1–9.
 37. Osminkina L. A. et al. *Porous silicon nanoparticles as scavengers of hazardous viruses*. *Journal of Nanoparticle Research*. 2014, 16(6).
 38. Lin Z. et al. *Inhibition of H1N1 influenza virus by selenium nanoparticles loaded with zanamivir through p38 and JNK signaling pathways*. *RSC Advances*. 2017, 7(56):35290–35296.
 39. Silva J M S. et al. *Viral Inhibition Mechanism Mediated by Surface-Modified Silica Nanoparticles*. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 2016, 8(26):16564–16572.
 40. Ghaffari H. et al. *Inhibition of H1N1 influenza virus infection by zinc oxide nanoparticles: Another emerging application of nanomedicine*. *Journal of Biomedical Science*. 2019, 26(1):1–10.
 41. Kong B. et al. *Virucidal nano-perforator of viral membrane trapping viral RNAs in the endosome*. *Nature Communications*. 2019, 10(1).
 42. Chhikara B S. *Current trends in nanomedicine and nanobiotechnology research*. *Journal of Materials NanoScience*. 2017, 4(1):19-24.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

I. ALCANCE DE LA REVISTA

1) La Revista de Ciencia y Tecnología (RECyT) publica artículos originales que representan una contribución para el desarrollo científico-tecnológico. Incluye trabajos de investigación básica y aplicada y de desarrollo tecnológico, revisiones bibliográficas de alto impacto, notas técnicas y, eventualmente, estudios de casos que por su relevancia ameriten publicarse¹.

2) Las áreas de incumbencia de la revista son Ingeniería, Tecnología, Informática, Biología, Genética, Bioquímica, Farmacia, Educación Científica y Tecnológica, con su correspondiente tecnología. La decisión última sobre la incumbencia de un artículo presentado, quedará a cargo del Cuerpo Editorial.

3) Los autores interesados en publicar artículos en la RECyT, deberán enviar sus trabajos de acuerdo con las normas que se estipulan más abajo.

4) Los artículos sometidos para publicación no deberán tener "Derechos de Autor" otorgados a terceros, a la fecha de envío del artículo. Caso contrario, el autor deberá gestionar, ante quien corresponda, la autorización por escrito para su nueva publicación en la RECyT.

5) Los conceptos y opiniones vertidos en los artículos publicados y del uso que otros puedan hacer de ellos, son de exclusiva responsabilidad de los autores, la cual se asume con la sola presentación del artículo enviado por los autores para su publicación. Los artículos se publicarán en español, inglés o portugués, con resúmenes, títulos y palabras clave en los tres idiomas.

II. PRESENTACIÓN Y REVISIÓN DE ARTÍCULOS

6) Los idiomas oficiales de la RECyT son español, inglés y portugués. Los manuscritos en español deberán ajustarse a las normas y usos gramaticales que establece el Diccionario y la Gramática de la Lengua Española de la Real Academia Española en sus últimas ediciones. Se debe evitar el uso de términos en otros idiomas, si existe uno equivalente en español. Los manuscritos en inglés deberán ajustarse a las normas y usos gramaticales que establece el Longman Dictionary of Contemporary English 4th Edition, aplicándose aquí también, lo expresado respecto del español. Los manuscritos en portugués deberán ajustarse a las normas y usos gramaticales que establece el Dicionário

Aurélío da Língua Portuguesa 5ta Edição, aplicándose aquí también, lo expresado respecto del español.

7) El manuscrito se presentará en formato electrónico como archivo tipo Word, anexo por correo electrónico a la dirección: recyt@fceqyn.unam.edu.ar. Todas las comunicaciones con los autores (revisión y aceptación de artículos) se realizarán por correo electrónico.

8) Los trabajos presentados para publicar serán sometidos a una primera evaluación interna de incumbencia, calidad general y categoría a cargo del Cuerpo Editorial y posteriormente a una evaluación externa de pertinencia y calidad científica por miembros del Comité de Revisión. El Comité de Revisión está integrado por reconocidos especialistas en los temas de incumbencia de la RECyT.

9) El proceso general de evaluación consiste en una exhaustiva revisión crítica de los contenidos y la estructura del artículo, la recomendación, o no, de su publicación y eventuales correcciones.

10) El Cuerpo Editorial se reserva el derecho de rechazar el trabajo por no ajustarse a las áreas involucradas, no cumplir las normas establecidas o no poseer la calidad científica requerida.

También se reserva el derecho de realizar modificaciones menores de edición para una mejor presentación final del trabajo.

11) El Cuerpo Editorial notificará al autor la aceptación o rechazo del artículo. De ser necesario, le solicitará que realice las modificaciones recomendadas para proceder a los trámites pertinentes previos a su publicación.

12) Los autores deberán realizar las correcciones y modificaciones requeridas por el Cuerpo Editorial y el CE en el plazo de 30 días. Los autores podrán solicitar aclaraciones sobre las correcciones. El Cuerpo Editorial decidirá sobre el particular, y realizará la revisión del trabajo modificado.

13) La aceptación del trabajo en su forma definitiva será comunicada por escrito a los autores. A partir de ese momento no se aceptarán modificaciones, salvo solicitud explícita y fundamentada al Cuerpo Editorial.

14) Los trabajos originales quedarán en poder de la RECyT, se publiquen o no.

1- Un artículo se considera trabajo cuando representa el resultado y las conclusiones de una investigación completa. Este tendrá categoría de nota técnica cuando trate de cuestiones como calibraciones, propuestas metodológicas, opiniones sobre normas, resolución de problemas operativos, etc.

III. NORMAS DE ELABORACIÓN DE ORIGINALES

Artículos

15) Los artículos completos deberán tener como máximo 6.000 palabras, 12 figuras y hasta 20 páginas. El Cuerpo Editorial podrá aceptar trabajos de mayor extensión en casos especiales.

En todos los casos deberá utilizarse letra tipo Arial tamaño 11 puntos, y formato de hojas tipo A4, numeradas en el margen inferior derecho, con interlineado doble, sin separación automática de sílabas al fin de línea y con los cuatro márgenes de 2,5 cm.

16) Las tablas y figuras deberán insertarse en el texto del artículo y deberán ubicarse lo más cerca posible del sitio en el que son mencionadas. De acuerdo con su tamaño, podrán presentarse por separado, correctamente identificadas.

Las figuras escaneadas deberán estar en formato TIFF y EPS, con 300 dpi de resolución. El CD podrá pedir a los autores, una vez aceptado el trabajo, que entregue las imágenes y los gráficos del artículo, con el formato, tamaño, dimensiones, resolución, etc. necesarios para la edición.

17) Los artículos científico-técnicos escritos en español e inglés se organizarán siguiendo el esquema general en orden sucesivo: título en español, nombres del (los) autores, nombres y direcciones de la institución a la que pertenecen, resumen y palabras clave en español, título en inglés, resumen y palabras clave en inglés. Los artículos científico-técnicos escritos en portugués se organizarán siguiendo el esquema general en orden sucesivo: título en español, nombres del (los) autores, nombres y direcciones de la institución a la que pertenecen, resumen y palabras clave en español, título en inglés, resumen y palabras clave en inglés, título en portugués, resumen y palabras clave en portugués. Posteriormente, en el idioma que corresponda, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, (juntos o separados), conclusiones, lista de abreviaturas (si corresponde), agradecimientos, referencias y apéndices o anexos (si corresponde).

18) Título en español: deberá ser breve (no mayor de 15 palabras), conciso y reflejar aspectos específicos del trabajo. Deberá corresponderse con el título en inglés y/o portugués.

19) Autores: se colocarán los autores separados por punto y coma, situando primero el o los apellidos seguidos de una coma, y a continuación, el primer nombre e inicial del segundo con un punto.

20) Dirección: debajo de los autores se indicará la institución a la que pertenecen o dónde fue llevado a cabo el

trabajo. Si los autores pertenecen a distintas instituciones, luego de cada nombre se colocará un número entre paréntesis, estableciéndose así la referencia a las instituciones y sus respectivas direcciones. Se sugiere incluir los nombres de las secciones y dependencias imprescindibles. Señalar, entre paréntesis, las direcciones electrónicas personales.

21) Resumen en español: deberá ser una condensación de todas las partes del trabajo en 150 palabras como máximo, sintetizando los objetivos, los métodos, los resultados y las conclusiones. Debe corresponderse al contenido del Resumen en inglés y/o portugués.

22) Palabras clave en español: el artículo deberá contener 5 palabras clave en idioma español, que servirán para catalogarlo en las bases de datos².

23) Título en inglés: deberá ser breve (no mayor a 15 palabras), conciso y reflejar aspectos específicos del trabajo. Deberá corresponderse con el título en español y/o portugués.

24) Resumen en inglés (Abstract): deberá ser una condensación de todas las partes del trabajo en 150 palabras como máximo, sintetizando los objetivos, los métodos, los resultados y las conclusiones. Debe corresponderse al contenido del Resumen en español y/o portugués.

25) Palabras clave en inglés (Key words): el artículo deberá contener 5 palabras clave en idioma inglés, que servirán para catalogarlo en las bases de datos².

26) Título en portugués: deberá ser breve (no mayor a 15 palabras), conciso y reflejar aspectos específicos del trabajo. Deberá corresponderse con el título en español e inglés.

27) Resumen en portugués (Resumo): deberá ser una condensación de todas las partes del trabajo en 150 palabras como máximo, sintetizando los objetivos, los métodos, los resultados y las conclusiones. Debe corresponderse al contenido del Resumen en español e inglés.

28) Palabras clave en portugués (Palavras-chave): el artículo deberá contener 5 palabras clave en idioma portugués, que servirán para catalogarlo en las bases de datos².

29) Introducción: debe presentar claramente el tema, haciendo solamente referencia a los antecedentes bibliográficos de interés. Los objetivos y las hipótesis deberán estar adecuadamente explicados.

30) Materiales y Métodos: el trabajo deberá describir en forma completa los materiales y metodologías utilizados.

Las normas reconocidas deberán ser citadas pero no explicadas.

Las técnicas publicadas deberán presentar en forma resumida sus características principales y las referencias correspondientes. Deberán detallarse todas las modificaciones efectuadas a cualquier norma o técnica³.

2- Si la disciplina que trata el artículo posee tesauros publicados, se sugiere utilizarlos para la definición de las palabras clave.

3- El criterio general es que con los datos de este ítem se pueda replicar correctamente el trabajo experimental. 4- Además de las que poseen signatura, se podrán colocar referencias inéditas o en prensa (indicando la revista en que se publicarán), comunicaciones personales y páginas web.

31) Resultados y Discusión: estas dos secciones podrán incluirse juntas o separadas. Los resultados se expondrán con estilo conciso y fácilmente entendible. La discusión de los resultados incluirá la comparación con resultados previos (propios o de otros autores, con las referencias correspondientes).

Se deberá evitar la duplicación de información en tablas y gráficos.

32) Conclusiones: deben presentarse en párrafos cortos y concretos. No deben hacer referencia a trabajos futuros ni a hipótesis no incluidas en el trabajo.

33) Agradecimientos: podrán incluirse a los organismos que financiaron el trabajo, así como a los colaboradores y al personal técnico o especializado, especificando las tareas realizadas por cada uno. Como referencia institucional de los autores se colocará el nombre completo de la entidad y la sigla entre paréntesis, por ejemplo, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

34) Referencias: las citas bibliográficas deberán consignarse con números correlativos colocados entre corchetes o paréntesis, de tamaño igual al del texto. El texto puede incluir nombres de autores, pero conjuntamente figurar el número de referencia bibliográfica correspondiente. En el ítem correspondiente, se consignarán según el orden en que aparezcan en el texto. No se incluirán referencias que no figuran en el texto. Las referencias se colocarán según el estilo de la disciplina correspondiente, figurando, en todos los casos: apellido e iniciales de los nombres de los autores en ese orden; nombre de la publicación periódica completo o con las abreviaturas oficiales; volumen; número, páginas inicial y final, año de publicación⁴. En el caso de libros: nombre; capítulo; editorial, páginas y año de edición. Las páginas web deberán tener la fecha de consulta.

Ejemplos orientativos:

1. Atanassov, Z; Zheringe, P y Wharton D., Evaluation of Wheat Response to Fusarium Head Blight Bases on Seed Set., Appl. Environm. Chem. 48: p. 993–998.1994.

2. Cole, R.J. y Cox R.H., Handbook of Toxic Fungal Metabolites, Assoc.Press, New York. p 356–379.1981.

3. Cotty, P.J., Agriculture, Aflatoxins and Aspergillus in The genus Aspergillus, K. A. Powll, Editor. Plenum Press, New York. p 1–27.1994.

4. National Agricultural Statistics Service (1997) Crops county data [Online]. Available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/data-sets/crops/9X100> (verified 30 Nov. 1998).

35) Apéndices o Anexos: se reservan para detallar técnicas originales utilizadas o análisis teóricos que impedirían seguir fluidamente el trabajo si se incluyeran en el texto.

Las tablas de los apéndices pueden llevar números correlativos con los del texto o comenzar otra numeración.

36) Figuras: las figuras (gráficos, cuadros, fotografías, otros) deberán numerarse correlativamente en orden de aparición en el texto y deberán incluir un breve título explicativo en la parte inferior de la figura. Las imágenes y fotografías se designarán como figuras.

37) Tablas: las tablas deberán numerarse correlativamente según su orden de aparición en el texto y en forma independiente de las figuras. Deberán incluir un título explicativo en su parte superior. De ser necesario se agregarán al pie notas explicativas para detallar abreviaturas, signos, medidas, otros, de tal manera que el lector pueda comprender su contenido sin recurrir al texto.

38) Fórmulas: las fórmulas y expresiones matemáticas deberán ser escritas dejando dos espacios sobre, debajo y entre cada una de ellas. Las fórmulas se ajustarán al margen izquierdo y serán numeradas correlativamente y entre paréntesis sobre el margen derecho. Debe quedar definido el significado y las unidades utilizadas en cada término de las expresiones.

39) Unidades: debe utilizarse el sistema internacional de unidades (SI).

40) Presentar además:

- Un título resumido del trabajo, de 9 palabras como máximo.

- Datos de los autores: 80 palabras como máximo. Apellido y Nombres; Título de Grado; Estudios de Posgrado; Cargo / Posición en el lugar de trabajo; Categoría en el Sistema de Incentivos a los Docentes–Investigadores (si es argentino) o similar. Correo electrónico.

Notas técnicas

41) La Nota Técnica es el formato recomendado de presentación de investigaciones originales en los siguientes casos: divulgación de nuevos métodos, comparación del funcionamiento de instrumentos o técnicas, y descripción de los resultados experimentales de interés para la comunidad científica cuando no se pueden realizar investigaciones completas por alguna causa justificada. Deberán limitarse a 10 páginas o 3500 palabras, con no más de 4 figuras y tablas, y no más de 15 referencias, combinando resultados y discusión en una sola sección. El resto del formato será igual al de los artículos. Las Notas Técnicas son sometidas al mismo proceso riguroso de revisión por pares que los artículos.

4- Además de las que poseen signatura, se podrán colocar referencias inéditas o en prensa (indicando la revista en que se publicarán), comunicaciones personales y páginas web.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

I. Scope of the journal

1) The Journal of Science and Technology (RECyT) publishes original articles which represent a contribution to scientific and technological development. It includes works on basic and applied research and technological development, high-impact bibliographical reviews, technical notes, and occasionally case studies which, due to their relevance, deserve their publication¹.

2) The areas of concern are Engineering, Technology, Computer Science, Biology, Genetics, Biochemistry, Pharmacy, Scientific and Technological Education, with their corresponding technology. The final decision on the relevance of an article submitted will be the responsibility of the Editorial Board.

3) Authors who are interested in publishing articles in the RECyT should send their manuscripts in accordance with the norms established below.

4) The articles submitted for publication should not have "Copyright" granted to a third party at the date of submission of the article. Otherwise, the author should request written permission for a new publication in the RECyT.

5) The concepts and opinions expressed in the articles published and their use by others are the sole responsibility of the authors, which is assumed by merely submitting the paper for publication. Articles will be published in Spanish, English or Portuguese, with their abstracts, titles and keywords in three languages.

II. Submission and review of articles

6) The official languages of RECyT are Spanish, English and Portuguese. Contributions in Spanish must conform to the grammatical rules and practices established by the Dictionary and Grammar of Spanish Language of the Spanish Royal Academy in its latest edition. It is advisable to avoid terms in other languages, as long as there is an equivalent in Spanish. Manuscripts in English should conform to the grammatical rules and practices established by the Longman Dictionary of Contemporary English 5th Edition, authors should comply with the norms established for manuscripts in Spanish. Manuscripts in Portuguese should conform to Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa 5ta Edição, authors should also comply with the norms established for manuscripts in Spanish.

7) The manuscript should be submitted electronically

as a Word file, attached by email to: recyt@fceqyn.unam.edu.ar. All the communications with the authors (review and acceptance of articles) will be carried out by email.

8) Manuscripts submitted for publication will first undergo an internal evaluation regarding its relevance, overall quality and category, by the Editorial Board and later, to an external evaluation of relevance and scientific quality by Members of the Review Committee. The Review Committee comprises recognized specialists of the subject area of the RECyT.

9) The general process of Evaluation consists of a comprehensive critical evaluation of the contents and structure of the article, the recommendation or not, of its publication and possible corrections.

10) The Editorial Board reserves the right to reject the work if it does not conform to the areas involved, does not meet the standards established, or does not have the required scientific quality. It also reserves the right to make minor editing changes for a better final presentation of the work.

11) The Editorial Board will notify the author the acceptance or rejection of the article. If necessary, the recommended changes will be asked to proceed with the pertinent steps previous to its publication.

12) Authors should make the corrections and modifications required by the Editorial Board within 30 days. Authors could ask for clarification about the corrections made. The Editorial Board will decide whereafter, and will carry out the modifications requested.

13) The final acceptance of the manuscript will be notified to authors in written. After this step, no further changes will be accepted, unless explicitly requested and clearly justified to the Editorial Board.

14) The original manuscripts will be kept by the RECyT, whether published or not.

III. Manuscript writing rules

Articles

15) Full papers should be up to 6000 words, 12 figures and 20 pages. The Editorial Board may accept longer works in special cases. In all cases, authors should use Arial font, point size 11, and A4 sheets, numbered in the lower right margin, with double spacing, without automatic hyphenation at end of the line, and all margins of 2.5 cm.

16) Tables and figures should be inserted within the text

¹- A manuscript will be considered a full paper when it represents the outcome and conclusions of a full investigation. It will be considered a technical note when dealing with issues such as calibration, methodological proposals, opinions about standards, resolution of operational problems, etc

of the article and located as close as possible to the paragraph where they are mentioned. According to their size, they may be submitted separately, and correctly identified. The scanned figures should be in TIFF and EPS formats, with a 300 dpi resolution. The EB could ask authors to submit the images and graphs of the article, with the format, size, dimensions, resolution, etc. necessary for the edition, once the article has been accepted.

17) Scientific-technical articles written in Spanish and English will be organized following a general scheme as follows: title in Spanish, name of author/s, affiliation (name and address), abstract and keywords in Spanish, title in English, abstract and keywords in English. Scientific-technical articles written in Portuguese will be organized following a general scheme as follows: title in Spanish, name of author/s, affiliation (name and address), abstract and key words in Spanish, title in English, abstract and keywords in English, title in Portuguese, abstract and key words in Portuguese. Then, in the corresponding language: introduction, materials and methods, results and discussion (separately or together), conclusions, list of abbreviations (if applicable), acknowledgments, references and appendices or annexes (if applicable) in the corresponding language (i.e. Spanish, English or Portuguese).

18) Title in Spanish: it should be brief (no more than 15 words) and concise, and should reflect the specific aspects of the work. It must correspond to the title in English.

19) Authors: the authors should be separated by semicolons, placing first the last name followed by a comma, and then the first name and middle initial.

20) Institutional affiliation: affiliation of authors or where the work was carried out should be indicated below the authors. If the authors have different affiliations, a number will be placed in parenthesis after each name, thus establishing the reference to the institutions and their respective addresses. It is suggested that only the names of the essential sections and departments be included. The email addresses of each author should be indicated between parentheses.

21) Abstract in Spanish: It must be a condensation of all parts of the work in 150 words or less, summarizing the objectives, methods, results and conclusions. It must correspond to the content of the Abstract in Spanish and/or Portuguese.

22) Key words in Spanish: The article should contain five key words in Spanish, which will serve to categorize the work in databases².

23) Title in English: It should be brief (no more than 15 words) and concise, and should reflect the specific aspects of the work. It must correspond to the title in Spanish and/

or Portuguese.

24) Abstract in English: It must be a condensation of all parts of the work in 150 words or less, summarizing the objectives, methods, results and conclusions. It must correspond to the content of the Abstract in Spanish and/or Portuguese.

25) Key words in English: The article should contain five key words in English, which will serve to categorize the work in databases².

26) Title in Portuguese: It should be brief (no more than 15 words) and concise, and should reflect the specific aspects of the work. It must correspond to the title in Spanish and English.

27) Abstract in Portuguese (Resumo): it should be a condensation of all parts of the work in 250 words or less, summarizing the objectives, methods, results and conclusions. It must correspond to the content of the Spanish and English abstract.

28) Key words in Portuguese (Palavras-chave): The article should contain five key words in Portuguese, which will serve to categorize the work in databases².

29) Introduction: it should present the subject clearly, making reference only to bibliography of interest. The objectives and hypotheses must be adequately explained.

30) Materials and Methods: The paper must fully describe the materials and methodology used. Recognized norms should be quoted but not explained. The techniques published should briefly include their main features and the corresponding references. Details of all modifications made to any norm or technique should be indicated³.

31) Results and Discussion: These two sections may be included either together or separately. The results should be presented concisely and should be easy to understand. The discussion of the results should include a comparison with previous results (either the authors' own previous results or those of others, with the corresponding references). The authors should avoid duplication of information in tables and graphs.

32) Conclusions: the conclusions should be presented in short and concise paragraphs and must not refer to future work and hypotheses not included in the work.

33) Acknowledgements: these could include the organisms funding the work, as well as the names of the collaborators and technical or specialized staff, specifying the tasks performed by each. For institutional reference of authors, the name of the entity in full and the acronym in parentheses, for example, "Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)" should be.

34) References: References should be mentioned with consecutive numbers in parentheses or square brackets, and

2- If the article is about a discipline which has published thesauri, it is suggested that they be used to define the key words.

3- The general criterion is that the experimental work could be replicated correctly with the data in this item.

should be equal in size to that of the text. The text can include authors' names, but should also include the corresponding reference number. They should be listed according to the order in which they appear in the text. References not mentioned in the text should not be listed. References will be written according to the style of the corresponding discipline, mentioning in all cases: the last name and initials of the authors' names, the complete name or the official acronym of the journal, the volume, number, initial and final pages, and year of publication. For books: name, chapter, publisher, pages and year of publication. The web pages must have the date of access⁴. For books: name; chapter: publishers; pages and year of edition. Web pages should include the date they were retrieved.

Examples:

1. Atanassov, Z.; Zheringe, P. and Wharton D., Evaluation of Wheat Response to Fusarium Head Blight Bases on Seed Set, *Appl. Environm., Chem.* 48: p 993-998. 1994.
2. Cole, R.J. and Cox R.H., *Handbook of Toxic Fungal Matabolites*, Assoc. Press, New York. p 356-379. 1981.
3. Cotty, P.J., *Agriculture, Aflatoxins and Aspergillus in The genus Aspergillus*, K.A. Powll, Editor. Plenum Press, New York. p 1-27. 1994.
4. National Agricultural Statistics Service (1997) Crops county data [Online]. Available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/data-sets/crops/9X100> (verified 30 Nov. 1998).

35) Appendices or Annexes: Appendices and Annexes are reserved to describe in detail the original techniques used, or theoretical analysis that would prevent the reader from following the manuscript fluently if they were included in the text. The tables in the appendices may bear numbers that correlate to the text or new numbers.

36) Figures: figures (graphs, charts, photographs, etc.) should be numbered in the order in which they appear in the text and should include a brief caption at its bottom. Images and photographs will be designated as figures.

37) Tables: Tables should be numbered in the order in which they appear in the text and independently of the figures. They must include an explanatory title on the top. If necessary, explanatory notes should be added as footer, detailing abbreviations, symbols, dimensions, etc, so that

the reader can understand their content without referring to the text.

38) Formulas: Formulas and mathematical expressions should be written leaving two spaces above, below and between each other. Formulas should be adjusted to the left margin and should be numbered correlatively and in parentheses on the right margin. The meaning and units used in each term of the expressions should be defined.

39) Units: the International System of Units (SI) should be used.

40) The authors should also provide:

- A short title of the work, comprising nine words or less.
- Authors' information: 80 words or less. Surname and Names; degree; postgraduate studies; position in the place of work; category in the Incentive System for Lecturers-Researchers (if they are Argentine) or similar; email address.

Technical Notes

41) A technical note is the recommended format for submission of original research in the following cases: description of new methods, comparison of the performance of instruments or techniques, and description of the experimental results of interest to the scientific community when a full investigation cannot be carried out for any reason. They should be limited to 10 pages or 3500 words, with no more than four figures and tables, and no more than 15 references, combining results and discussion into one section. The rest of the format will be equal to that of the articles. Technical Notes will be subjected to the same rigorous peer review process as the articles.

4- Besides those which have signature, unpublished references or in press (indicating the magazine where they will be published), personal communications and web pages can also be mentioned.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

I. Alcance da revista

1) A Revista de Ciência e Tecnologia (RECyT) publica artigos originais que representam uma contribuição para o desenvolvimento científico-tecnológico. Inclui trabalhos de investigação básica e aplicada e de desenvolvimento tecnológico, revisões bibliográficas de alto impacto, notas técnicas e eventualmente, estudos de casos que pela sua relevância mereçam ser publicados¹.

2) As áreas de incumbência da Revista são Engenharia, Tecnologia, Informática, Biologia, Genética, Bioquímica, Farmácia, Educação Científica e Tecnológica, com sua correspondente tecnologia. A decisão última sobre a incumbência de um artigo apresentado ficará a cargo do Conselho de Direção (CE).

3) Os autores interessados em publicar artigos na RECyT, deverão enviar seus trabalhos segundo as normas apresentadas mais abaixo.

4) Os artigos submetidos para a publicação não deverão ter “Direitos de Autor” outorgados a terceiros, à data de envio do artigo. Caso contrário, o autor deverá gerenciar, ante quem corresponder, a autorização por escrito para sua nova publicação na RECyT.

5) Os conceitos e opiniões expostos nos artigos publicados e o uso que outros possam fazer deles, são de exclusiva responsabilidade dos autores, a qual é assumida com a só apresentação do artigo para sua publicação. Os artigos se publicam em espanhol, inglês ou português, com resumos, títulos e palavras-chave nos três idiomas.

II. Apresentação e revisão de artigos

6) Os idiomas oficiais da RECyT são o espanhol, o inglês e o português. Os manuscritos em espanhol deverão se ajustar às normas e usos gramaticais que estabelece o Dicionário e a Gramática da Língua Espanhola da “Real Academia Espanhola” em suas últimas edições. Deve-se evitar o uso de termos em outros idiomas, caso exista um equivalente em espanhol. Os manuscritos em inglês deverão se ajustar às normas e usos gramaticais que estabelece o Longman Dictionary of Contemporary English 4th Edition, aplicando-se aqui também, o expresse respeito do espanhol. Os manuscritos em português deverão se ajustar às normas e usos gramaticais que estabelece o Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa 5ta Edição, aplicando-se aqui também o expresse respeito do espanhol.

7) O manuscrito se apresentará em formato eletrônico como arquivo tipo Word, anexo por correio eletrônico ao endereço: recyt@fceqyn.unam.edu.ar. Todas as comunicações com os autores (revisão e aceitação de artigos) se realizarão pelo correio eletrônico.

8) Os trabalhos apresentados para publicar serão submetidos a uma primeira avaliação interna de pertinência, qualidade geral e categoria a cargo do Corpo Editorial e, posteriormente a uma avaliação externa de pertinência e qualidade científica pelos integrantes do Comitê de Revisão. O Comitê de Revisão está integrado por reconhecidos especialistas nos temas de incumbência da RECyT.

9) O processo geral de avaliação consiste numa exhaustiva revisão crítica dos conteúdos e da estrutura do artigo, a sugestão, o não, de sua publicação e eventuais correções.

10) A Corpo Editorial se reserva o direito de rejeitar o trabalho por não se ajustar às áreas em referência, não cumprir as normas estabelecidas ou não possuir a qualidade científica requerida. Também se reserva o direito de realizar modificações menores de edição para uma melhor apresentação final do trabalho.

11) A Corpo Editorial notificará ao autor a aceitação ou rejeição do artigo. Caso ser necessário lhe solicitará que faça as modificações sugeridas para continuar com os trâmites pertinentes prévios a sua publicação.

12) Os autores deverão realizar as correções e modificações requeridas pela Corpo Editorial num prazo de 30 dias. Os autores poderão solicitar esclarecimentos sobre as correções. O CE decidirá sobre o particular e realizará a revisão do trabalho modificado.

13) A aceitação do trabalho em forma definitiva será comunicada por escrito aos autores. A partir desse momento não se aceitarão modificações, exceto solicitude explícita e fundamentada à Corpo Editorial.

14) Os trabalhos originais ficarão no poder da RECyT, se publiquem ou não.

III. Normas para a elaboração de originais

Artigos

15) Os artigos completos deverão ter no máximo 6.000 palavras, 12 figuras e até 20 páginas. A Corpo Editorial poderá aceitar trabalhos de maior extensão em casos especiais.

Em todos os casos se deverão utilizar letra tipo Arial, corpo 11 e formato de folha tipo A4, numeradas na margem

1- Um artigo se considera trabalho quando apresenta os resultados e conclusões de uma pesquisa completa. Este terá categoria de Nota Técnica quando apresente questões como calibrações, propostas metodológicas, opiniões sobre normas, resolução de problemas operativos, etc.

inferior direita, com espaçamento duplo, sem separação automática de sílabas no fim de linha e com as quatro margens de 2,5 cm.

16) As tabelas e figuras se deverão inserir no texto do artigo e deverão se colocar o mais perto possível do sítio no qual são nomeadas. Tendo em conta seu tamanho poderão se apresentar por separado, corretamente identificadas.

As figuras scaneadas deverão estar em formato TIFF e EPS, com 300 dpi de resolução. A Corpo Editorial poderá pedir aos autores, uma vez aceito o trabalho, que façam entrega das imagens e os gráficos do artigo, com o formato, tamanho, dimensões, resolução, etc. necessários para a edição.

17) Os artigos científicos - técnicos escritos em espanhol e inglês se organizarão seguindo o esquema geral em ordem sucessivo: título em espanhol, nome (s) de o (os) autor (es), nomes e endereços da instituição a qual pertencem, resumo e palavras-chave em espanhol, título em inglês, resumo e palavras-chave em inglês.

Os artigos científicos- técnicos escritos em português se organizarão seguindo o esquema geral em ordem sucessivo: título em espanhol, nome (s) de o (os) autor (es), nomes e endereços da instituição a qual pertencem, resumo e palavras-chave em espanhol, título em inglês, resumo e palavras-chave em inglês, título em português, resumo e palavras-chave em português. Logo, no idioma que corresponder, introdução, materiais e metodologia, resultados e discussão, (juntos ou separados), conclusões, lista de abreviaturas (se corresponder), agradecimentos, referências e apêndices ou anexos (se corresponder).

18) Título em espanhol: Deverá ser breve (no maior a 15 palavras), conciso e dar conta de aspectos específicos do trabalho. Deverá se corresponder com o título em inglês e/ou português.

19) Autores: Deverão ser nomeados separados por ponto e vírgula. Primeiro os sobrenomes seguidos de vírgula, e a continuação, o primeiro nome e inicial do segundo com um ponto.

20) Endereço: Em baixo dos autores se indicará a instituição a qual pertencem ou onde foi desenvolvido o trabalho. Caso os autores pertençam a diferentes instituições, logo de cada nome se escreverá um número entre parênteses, se estabelecendo assim a referência as instituições e seus respectivos endereços. Sugere-se incluir os nomes das seções e dependências imprescindíveis. Indicar, entre parênteses, os endereços eletrônicos pessoais.

21) Resumo em espanhol: Deverá ser uma condensação de todas as partes do trabalho num máximo de 150 palavras sintetizando os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões. Deve se corresponder com o conteúdo do Resumo em inglês e/ou português.

22) Palavras - chave em espanhol: O artigo deverá conter 5 palavras-chave no idioma espanhol, que servirão para catalogá-lo nas bases de dados².

23) Título em inglês: Deverá ser breve (no maior a 15 palavras), conciso e dar conta dos aspectos específicos do trabalho. Deverá se corresponder com o título em espanhol e/ou português.

24) Resumo em inglês (Abstract): Deverá ser uma condensação de todas as partes do trabalho num máximo de 150 palavras, sintetizando os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões. Deve se corresponder com o conteúdo do resumo em espanhol e/ou português.

25) Palavras - chave em inglês (Key words): O artigo deverá conter 5 palavras-chave no idioma inglês, que serão de utilidade para catalogá-lo nas bases de dados².

26) Título em português: Deverá ser breve (no maior a 15 palavras), conciso e dar conta dos aspectos específicos do trabalho. Deverá se corresponder com o título em espanhol e inglês.

27) Resumo em português (Resumo): Deverá ser uma condensação de todas as partes do trabalho num máximo de 150 palavras, sintetizando os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões. Deve se corresponder com o conteúdo do Resumo em espanhol e inglês.

28) Palavras - chave em português (Palavras - chave): O artigo deverá conter 5 palavras-chave no idioma português, que servirão para catalogá-lo nas bases de dados².

29) Introdução: Deve apresentar com clareza o tema, fazendo referência somente aos antecedentes bibliográficos de interesse. Os objetivos e as hipóteses deverão estar adequadamente explicados.

30) Materiais e Metodologia: O trabalho deverá descrever de maneira completa os materiais e metodologias utilizados. As normas reconhecidas deverão ser citadas mas não explicadas.

As técnicas publicadas deverão apresentar em forma resumida suas características principais e as referências correspondentes. Deverão se detalhar todas as modificações realizadas a qualquer norma o técnica³.

31) Resultados e Discussão: Estas duas seções poderão se incluir juntas ou separadas. Os resultados serão expostos com estilo conciso e facilmente compreensível. A discussão dos resultados incluirá a comparação com resultados prévios (próprios ou de outros autores, com as referências correspondentes). Deverá - se evitar a duplicação de informação em tabelas e gráficos.

32) Conclusões: Devem se apresentar em parágrafos curtos e concretos. Não devem fazer referência a trabalhos futuros nem a hipóteses não incluídas no trabalho.

33) Agradecimentos: Poderão se incluir os órgãos que financiaram o trabalho, assim como os colaboradores e o pessoal técnico ou especializado, especificando as tarefas

2- Caso a disciplina que é abordada pelo artigo possua tesouros publicados, se sugere utilizá-los para a definição das palavras-chave.

3- O critério geral é que com os dados deste item se possa replicar corretamente o trabalho experimental.

realizadas por cada um. Como referência institucional dos autores se escreverá o nome completo da entidade e a sigla entre parênteses, por exemplo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

34) Referências: As citas bibliográficas deverão se consignar com números correlativos, entre parênteses, de tamanho igual ao do texto. O texto pode incluir nomes de autores, mas conjuntamente figurar o número de referência bibliográfica correspondente. No item correspondente, se consignarão segundo a ordem na que apareçam no texto.

Não se incluirão referências que não figuram no texto. As referências se colocarão segundo o estilo da disciplina em questão, figurando, em todos os casos: sobrenome e iniciais dos nomes dos autores nessa ordem; nome da publicação periódica completa ou com as abreviaturas oficiais, volume, número, página inicial e final, ano de publicação⁴. No caso de livros: nome, capítulo, editorial, página e ano de edição. As páginas web deverão ter a data de consulta.

Exemplos:

1. Atanassov, Z; Zheringe, P y Wharton D., Evaluation of Wheat Response to Fusarium Head Blight Bases on Seed Set., Appl. Environm. Chem. 48: p. 993–998.1994.

2. Cole, R.J. y Cox R.H., Handbook of Toxic Fungal Metabolites, Assoc.Press, New York. p 356–379.1981.

3. Cotty, P.J., Agriculture, Aflatoxins and Aspergillus in The genus Aspergillus, K. A. Powll, Editor. Plenum Press, New York. p 1–27.1994.

4. National Agricultural Statistics Service (1997) Crops county data [Online]. Available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/data-sets/crops/9X100> (verified 30 Nov. 1998).

35) Apêndices ou Anexos: Reservam-se para detalhar técnicas originais utilizadas ou análises teóricos que seriam de impedimento para seguir fluidamente o trabalho caso foram inclusos no texto.

As tabelas dos apêndices podem levar números correlativos com os do texto ou iniciar outra numeração.

36) Figuras: As figuras (gráficos, Quadros, fotografias, outros) deverão se numerar correlativamente em ordem de aparição no texto e deverão incluir um breve título explicativo na parte inferior da figura. As imagens e fotografias se designarão como figuras.

37) Tabelas: As tabelas deverão se numerar correlativamente segundo sua ordem de aparição no texto e de maneira independente das figuras. Deverão incluir um título explicativo na parte superior. Caso ser necessário se somará no rodapé notas explicativas para esclarecer abreviaturas, signos, medidas, outros, de maneira que o leitor possa compreender seu conteúdo sem ter que ir para o texto.

38) Fórmulas: As fórmulas e expressões matemáticas deverão ser escritas deixando dois espaços sobre, embaixo e entre cada uma delas. As fórmulas se ajustarão à margem esquerda e serão numeradas correlativamente e entre parênteses sobre a margem direita. Deve ficar definido o significado e as unidades utilizadas em cada termo das expressões.

39) Unidades: Deve se utilizar o sistema internacional de unidades (SI).

40) Apresentar também:

- Um título resumido do trabalho, no máximo de 9 palavras.

- Dados dos autores: No máximo de 80 palavras. Sobrenome e Nomes; Título de Graduação e Pós-graduação; Cargo / Posição no local de trabalho; Categoria no Sistema de Incentivos de Docentes–Pesquisadores (se é argentino) ou semelhante. Correio eletrônico.

Notas técnicas

41) A Nota Técnica é o formato de apresentação sugerido para pesquisas originais nos seguintes casos: Divulgação de novas metodologias, comparação do funcionamento de instrumentos ou técnicas, e descrição dos resultados experimentais de interesse para a comunidade científica, quando não se possam realizar pesquisas completas por alguma causa justificada. Deverão se limitar a 10 páginas ou 3500 palavras, com não mais de 4 figuras e tabelas, e não mais de 15 referências, combinando resultados e discussão numa só seção. As demais características do formato serão iguais às dos artigos.

As Notas Técnicas são submetidas ao mesmo processo rigoroso de revisão por pares que os artigos.

4- Além das que possuir assinatura, se poderão colocar referências inéditas ou em imprensa (indicando a revista em que se publicarão), comunicações pessoais e páginas de Internet.

CONFIRMACIÓN DE AUTORÍA Y DERECHOS DE PUBLICACIÓN
al presentar un trabajo, completar y enviar por fax a la revista

Fecha: _____

Los autores del trabajo titulado:

confirman a través de sus firmas al final del texto que:

1. Este trabajo no fue enviado para publicación a ninguna otra revista científica;
2. Cada autor leyó y aprobó el trabajo enviado;
3. Si el trabajo pudiera afectar los derechos humanos, o ser causa de un eventual daño al medio ambiente, a los animales y/o a las generaciones futuras, los autores deberán informar las previsiones tomadas para evitar riesgos emergentes y garantizar el buen uso y manejo de la información;
4. Eventuales contenidos del texto o figuras u otras partes del manuscrito tomados de otras publicaciones están debidamente citados y en caso necesario, los permisos para publicaciones de tales partes son de responsabilidad de los autores;
5. En el caso específico de la Investigación Biomédica, los investigadores deben conocer y realizar las salvaguardas previstas en todos los requisitos éticos, legales y jurídicos, establecidos en las normas bioéticas nacionales e internacionales¹;
6. Los autores no tienen conflictos personales, financieros u otro tipo de conflictos de intereses y no han realizado ningún acuerdo que pueda interferir con el acceso a los datos de la investigación.

Nombre completo	Firma	Dirección electrónica

CONFIRMATION OF AUTHORSHIP AND PUBLICATION REGULATIONS
When submitting a manuscript, please complete and fax to the journal

Date: _____

The authors of the manuscript entitled:

by signing at the end of this text, certify that:

1. This article has not been previously published and is not under consideration for publication elsewhere;
2. All authors have seen and approved the manuscript being submitted;
3. If the article affects the human rights in any way, or is a reason of possible damage to the environment, animals and/or future generations, the authors will have to inform the precautions taken to avoid consequent risks and to guarantee the good use and managing of the information;
4. Contents of the text or figures or other parts of the manuscript taken from other publications should be declared when submitting; and in such a case, the permissions for publications of those parts are the author's responsibility;
5. In the specific case of the Biomedical Research, the investigators must know and be sure about all the ethical, legal and juridical requirements, established in the national and international bioethical procedures²;
6. The authors have no personal, financial or another type of conflicts of interests and have not assumed any agreement that could interfere with the access to the information of the research.

Full Name	Signature	e-mail

1- Nacionales: Disposición ANMAT 5330/97. Internacionales: Código de Núremberg, Declaración de Helsinki y sus modificaciones, Declaración Universal sobre Genoma Humano y Derechos Humanos aprobada por la Conferencia General de la UNESCO, del 11 de noviembre de 1997.

2- National: ANMAT 5330/97 file. International: Núremberg Code; Helsinki's declaration with modifications, Universal Declaration about Human Genome and Rights proved by UNESCO General Conference; on November 11th, 1997.

CONFIRMAÇÃO DE AUTORIA E DIREITOS DE PUBLICAÇÃO
Para apresentar um trabalho, preencher e enviar por fax à revista

Data: _____

Os autores do trabalho titulado:

Confirmam através de suas assinaturas no final deste texto que:

1. Este trabalho não foi submetido para a publicação em nenhuma outra revista científica;
2. Cada autor leu e aprovou o trabalho submetido;
3. Caso o trabalho pudesse afetar os direitos humanos, ou ser causa de um eventual dano ao médio ambiente, a os animais e/ou as gerações futuras, os autores deverão informar as previsões necessárias para evitar riscos emergentes e garantir o bom uso e emprego da informação;
4. Eventuais conteúdos do texto ou figuras ou outras partes do artigo retiradas de outras publicações estão devidamente referenciados e, caso necessário, as permissões para publicações desses conteúdos são de responsabilidade dos autores;
5. No caso específico da Investigação Biomédica, os pesquisadores devem conhecer e realizar as salvaguardas previstas em todos os requisitos éticos, legais e jurídicos, estabelecidos nas normas bioéticas nacionais e internacionais³;
6. Os autores não tem conflitos pessoais, financeiros ou outro tipo de conflitos de interesses nem tem realizado nenhum convênio que possa interferir com o acesso aos dados da pesquisa.

Nome e Sobrenome	Assinatura	Endereço eletrônico

3- Nacionais: Disposição ANMAT 5330/97. Internacionais: Código de Nuremberg, Declaração de Helsinki e suas modificações, Declaração Universal sobre Genoma Humano e Direitos Humanos aprovada pela Conferência Geral da UNESCO, do 11 de novembro de 1997.