

EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

UNIVERSIDAD DE SONORA, JULIO-DICIEMBRE 2020, NÚMERO 29

ISSN: 2007-8196



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Ingeniería, Administración, Filosofía y Responsabilidad Social

INVESTIGACIÓN

- Economía y altruismo: donaciones empresariales y Pib en México 2010-2018.
- Democracia y salud, su asociación en dos países de América Latina.
- Análisis de riesgos psicosociales en una empresa de software durante la Covid-19.
- Aplicación de métodos multicriterios en un proyecto empresarial de rutas de vehículos.
- Período de rotación de asteroides utilizando el observatorio Carl Sagan (OCS) de la UNISON..

DESDE LA ACADEMIA

- Fortaleciendo a la minería artesanal sostenible: proyecto piloto "Las Minitas, Sonora México".
- Métodos cuantitativos en paleoecología de comunidades.

CTS EPISTEMUS

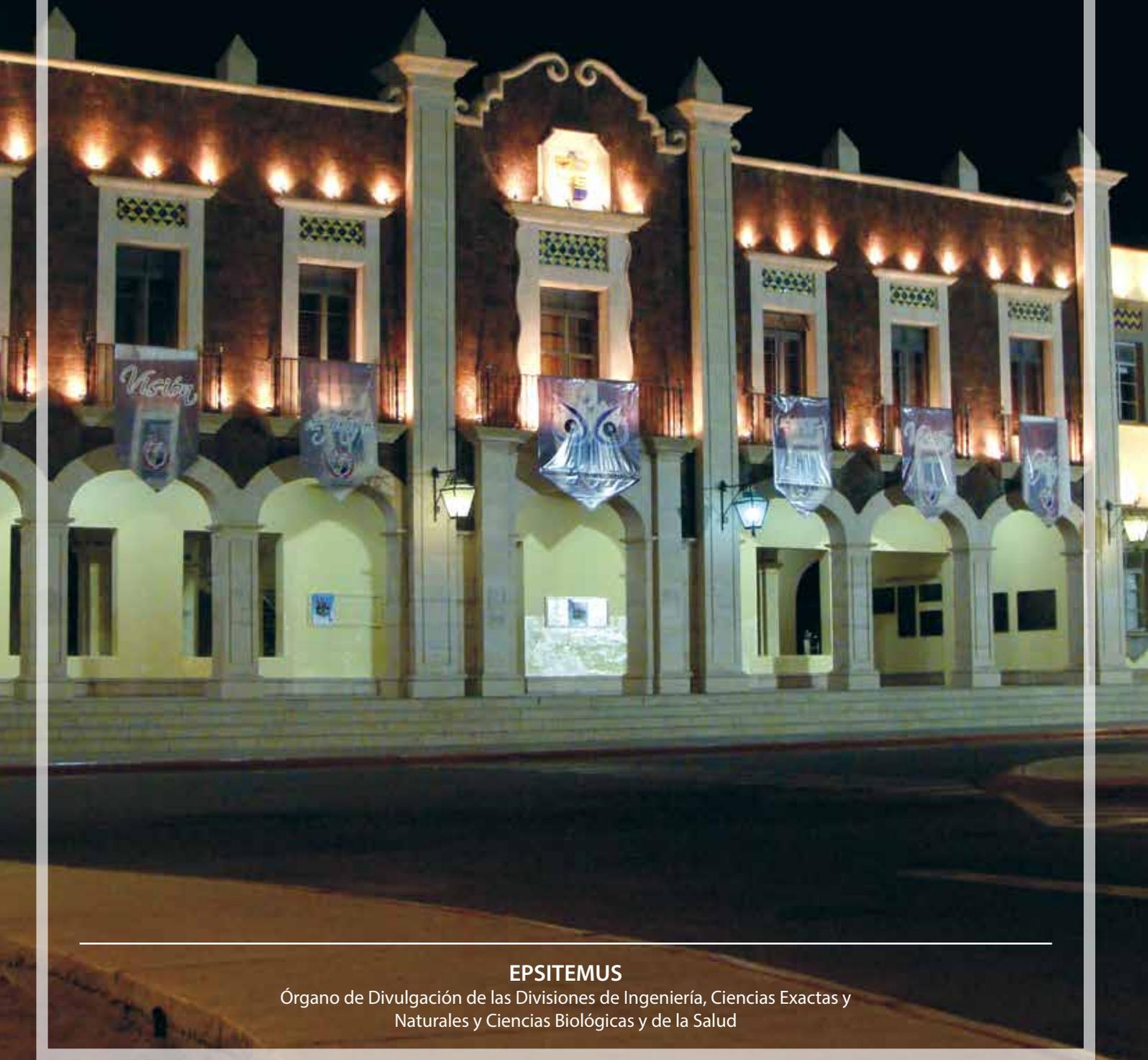
- Inteligencia artificial, técnicas de simulación, y su futuro en la ingeniería industrial.
- Frutas tropicales y sus subproductos: fuentes de fibra dietaria en productos alimenticios.
- Mejora cognitiva en Latinoamérica.

Indexada en:





“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”



EPSITEMUS

Órgano de Divulgación de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud



CONTENIDO

CONTENIDO	1
DIRECTORIO	2
EDITORIAL	3
BASES	4

INVESTIGACIÓN



ECONOMÍA Y ALTRUISMO: DONACIONES EMPRESARIALES Y PIB EN MÉXICO 2010-2018	7
CARLOS GABRIEL BORBÓN MORALES SARA PALOMA PÉREZ VILLICAÑA MARISOL ARVIZU ARMENTA FRANCISCO VARGAS SERRANO	



DEMOCRACIA Y SALUD, SU ASOCIACIÓN EN DOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA	15
SALVADOR PONCE SERRANO	



ANÁLISIS DE RIESGOS PSICOSOCIALES EN UNA EMPRESA DE SOFTWARE DURANTE LA COVID-19	23
EDNA BAQUERA VARILLAS JESÚS PACHECO JAIME LEÓN-DUARTE	



APLICACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIOS EN UN PROYECTO EMPRESARIAL DE RUTAS DE VEHÍCULOS	30
PEDRO LEONARDO RODRÍGUEZ QUINTANA LUCÍA ARGÜELLES CORTÉS GONZALO PALENCIA FERNÁNDEZ	



PERÍODO DE ROTACIÓN DE ASTEROIDES UTILIZANDO EL OBSERVATORIO CARL SAGAN (OCS) DE LA UNISON	37
MARÍA EUGENIA CONTRERAS LORENZO OLGUÍN PABLO LOERA GONZÁLEZ JULIO CÉSAR SAUCEDO MORALES RAMONA NÚÑEZ LÓPEZ	

DESDE LA ACADEMIA



FORTALECIENDO A LA MINERÍA ARTESANAL SOSTENIBLE: PROYECTO PILOTO "LAS MINITAS, SONORA MÉXICO"	45
ELIZABETH ARAUX SÁNCHEZ ALEJANDRA MARISELA GÓMEZ VALENCIA GEMA KARINA IBARRA TORÚA DIANA MARÍA MEZA FIGUEROA	



MÉTODOS CUANTITATIVOS EN PALEOECOLOGÍA DE COMUNIDADES	52
FRANCISCO JAVIER CUEN ROMERO HÉCTOR ARTURO NORIEGA RUIZ ELIZABETH CHACÓN BACA ROGELIO MONREAL REYNA AMANDA CASTILLO GÁMEZ	

CTS-EPITEMUS



INTELIGENCIA ARTIFICIAL, TÉCNICAS DE SIMULACIÓN, Y SU FUTURO EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL	62
ELEAZAR JIMÉNEZ SERRANO	



FRUTAS TROPICALES Y SUS SUBPRODUCTOS: FUENTES DE FIBRA DIETARIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS	70
LETICIA XOCHITL LÓPEZ MARTÍNEZ	



MEJORA COGNITIVA EN LATINOAMERICA	78
JONATHAN PIEDRA ALEGRÍA	

EPISTEMUS

UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 14, No. 28, julio-diciembre 2020, es una publicación semestral arbitrada y es editada por la Universidad de Sonora a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora; Tel. (662) 259 21 57, Ext. (8157), (662) 259.2153 Ext. (8153), (662) 259.2162, Ext. (8162), www.epistemus.uson.mx, revista.epistemus@correom.uson.mx. Editor ejecutivo: Dr. José Luis Ochoa Hernández. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2021-091514243200-203. ISSN: 2007-8196 otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número; Equipo Editorial de la Revista Epistemus de la Universidad de Sonora; fecha de la última modificación 20 de diciembre del 2021.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la presente publicación siempre y cuando se cite plenamente la fuente.

Información del contacto institucional de la publicación: Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662) 259 2157, correo electrónico: revista.epistemus@correom.uson.mx, At'n. Dr. José Luis Ochoa Hernández, Editor ejecutivo.

EPISTEMUS está Indexada en en DIALNET, el Directory of Open Access Journal (DOAJ), la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB), el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX), en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (PERIÓDICA) y en el portal especializado en Revistas Científicas y Académicas publicadas en América Latina y el Caribe (Biblat).

Y en los sitios de consulta / repositorios AURA, EZ3, Google Académico, I40C, MIAR, OpenAire, Catalogo de Libros de la UniSon, Repositorio Institucional CRIS-UNISON y Ciencia Unison y es firmante de la Declaración DORA

REVISTA EPISTEMUS

Universidad de Sonora
Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y
Rosales, s/n, Col. Centro, C.P. 83000,
Hermosillo, Sonora, México.
Teléfono: (662) 259 2157.
Correo: revista.epistemus@correom.uson.mx
Atn. Dr. José Luis Ochoa Hernández
Editor Ejecutivo



UNIVERSIDAD DE SONORA

Dr. Enrique F. Velázquez Contreras

Rector

Dr. Ramón Enrique Robles Zepeda

Secretaría General Académica

Dra. Rosa María Montesinos Cisneros

Secretaría General Administrativa

Dra. María Rita Plancarte Martínez

Vicerrectora de la Unidad Regional Centro

Dr. Rodolfo Basurto Álvarez

Director de Vinculación y Difusión

DIRECCIÓN GENERAL

Dr. Martín Antonio Encinas Romero

Dr. Rodrigo Melendrez Amavizca

Dr. Juan Carlos Gálvez Ruíz

EDITOR EJECUTIVO

Dr. José Luis Ochoa Hernández

Departamento de Ingeniería Industrial - Universidad de Sonora. revista.epistemus@correom.uson.mx

COMITÉ EDITORIAL

Dr. José Luis Ochoa Hernández

[joseluis.ochoa \(@\) unison.mx](mailto:joseluis.ochoa (@) unison.mx)

Departamento de Ingeniería Industrial - Universidad de Sonora. Secretario del Comité Editorial

CORRECCIÓN DE ESTILO

M.C. Fermín González Gaxiola

Depto. de Letras y Lingüística

Universidad de Sonora

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Dra. Erika Silva Campa

Departamento de Investigación en Física -

Universidad de Sonora

Dr. Raúl Sánchez Zeferino

Departamento de Física - Universidad de Sonora

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

M.A. Jesús Fernando García Arvizu

Departamento de Ingeniería Civil y Minas -

Universidad de Sonora

Dr. José Luis Ochoa Hernández

Departamento de Ingeniería Industrial - Universidad de Sonora

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Dra. Kadiya del Carmen Calderón Alvarado

Departamento de Investigación Científica y

Tecnológica - Universidad de Sonora

Dr. José Manuel Galván Moroyoqui

Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud - Universidad de Sonora

DISEÑO

L.D.G. José Benito Montaña Dórame

PÁGINA WEB

<http://www.epistemus.uson.mx/>

EPISTEMUS ha sido una publicación esencial para la difusión de las actividades de las divisiones de Ciencias Biológicas y de la Salud, Ingeniería y Exactas y Naturales y otras áreas de la Universidad de Sonora. La investigación actual requiere de la interrelación de disciplinas para proveer de soluciones integrales a problemas complejos en distintos lugares del país. En este sentido, la revista EPISTEMUS refleja en sus publicaciones la interacción de estas y muchas otras áreas.

En este número, se ven reflejadas las aportaciones que hicieron los nuevos editores asociados invitados que colaboran con nosotros y que son fundamentales para continuar consolidando la revista y buscar llevarla al ingreso a otros catálogos.

En este número tenemos aportaciones de distintas entidades locales, nacionales e internacionales. Por ejemplo, de manera local los resultados del proyecto de Minería Artesanal Sostenible en la mina "Las Minitas" Sonora, México. El interesante artículo sobre economía y altruismo, la relación entre las donaciones y los beneficios que estos tienen. Democracia y Salud, otro ejemplo de diversidad en los contenidos de la revista, donde se puede conocer con ciertos indicadores la relación que existe entre la salud y la democracia, en México, una baja experiencia democrática se asoció con indicadores desfavorables en salud.

Temas actuales como es el caso de la Inteligencia Artificial y el Machine Learning se menciona en el artículo del Dr. Jiménez Serrano donde los datos y el uso de métodos de análisis numérico son elementales para esta rama. Las Frutas tropicales están ganando terreno en áreas donde

no se contemplaba integrarlas, el conocimiento de las fibras dietarias que contienen, las está haciendo considerarse para ser usadas en la fabricación de tortillas, pastas y productos de panadería.

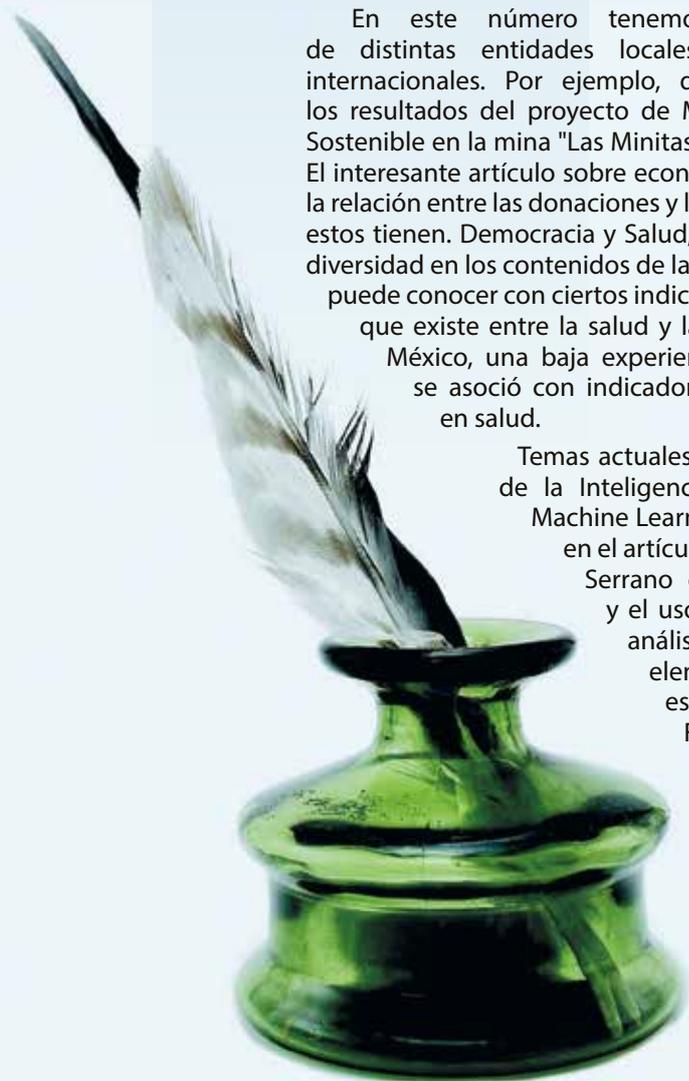
El teletrabajo gracias al Covid-19 presenta ciertos riesgos psicosociales en los empleados de la industria del software, ya que el trabajador desde el hogar expande los tiempos de trabajo y la relación con el cliente, afectando la vida personal ya que disminuye los tiempos familiares. Paleoecología, un término no escuchado por muchos seguramente, hace referencia a la identificación de parámetros que miden patrones espaciales, con estos se podrá mejorar el entendimiento de los ecosistemas actuales para predecir futuros cambios.

Se conocen 780,000 asteroides dentro el Sistema Solar, sin embargo, no se conocen todas sus propiedades, ni la más básica, como puede ser la rotación, en este estudio se están siguiendo 5 asteroides para conocer esas características faltantes y se está capacitando a muchos más para tener un mayor conocimiento.

En el plano internacional tenemos dos aportaciones, una de Cuba y otra de Costa Rica, el autor Jonathan Piedra de Costa Rica, con su artículo Mejora cognitiva en Latinoamérica, se podrá conocer sobre el efecto mejorador en base al consumo de fármacos que no son necesarios para la salud, pero que estadísticamente mejoran las funciones cognitivas. Mientras que el desde Cuba se proponen métodos multicriterio a un proyecto de rutas de vehículos aplicando tres criterios: el número de rutas empleadas, la distancia total recorrida y la distribución de personas transportadas, con el objetivo de optimizar de mejor manera la ruta al presentarse cambios en las rutas originales.

Esperamos que este número sea de gran interés para nuestros lectores y recomendamos echar un vistazo a los números anteriores que seguramente les resultarán de gran interés.

**Atte. Dr. José Luis Ochoa Hernández ,
Editor Ejecutivo.**



POLÍTICA EDITORIAL

La educación, la ciencia y tecnología son consideradas como pilares fundamentales sobre los que se sustenta el desarrollo de un país; por eso es importante fortalecer el enlace entre los que generan el conocimiento y los beneficiados de ello: la sociedad. Uno de los aspectos que distingue a la Universidad de Sonora es la generación de conocimiento y su impacto en la sociedad. Es así como las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud crearon el proyecto editorial Epistemus el cual, constituye un medio de información y comunicación para dar a conocer las investigaciones realizadas o en proceso, las actividades académicas, las reflexiones en torno a la ciencia, la tecnología y la salud.

OBJETIVO

Divulgar el conocimiento que se crea, genera y enseña en las áreas de Ingenierías, Ciencias Exactas y Naturales y las Ciencias Biológicas y de la Salud para favorecer el debate académico y la producción de nuevos conocimientos para generar un espacio de difusión, reflexión y crítica, en nuestro entorno.

DIRIGIDA A

Está dirigida a investigadores, profesores y estudiantes de las Ingenierías, las Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y la Salud, y a todos aquellos profesionales que desarrollan la ciencia y la aplican en estas áreas.

SECCIONES DE LA REVISTA

La revista publica artículos originales e inéditos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, y comunicaciones breves sobre ciencia y tecnología y salud, en las siguientes secciones:

Investigación

Incluye resultados de proyectos de investigación y quiere mostrar la metodología del caso.

Divulgación

- **Desde la academia.** Comprende los temas relacionados con el quehacer académico, ensayos, reseñas, desarrollo de problemas, temas de la vida académica y su relación con el entorno.
- **Políticas de Ciencia y Tecnología.** Incluye temas que tienen que ver con el análisis de las políticas en materia de ciencia y tecnología, la relación entre la investigación y el desarrollo, la innovación y las políticas públicas.
- **Ciencia, Tecnología y Sociedad.** Se trata de promover una cultura científica, tecnológica, de la salud y de la sociedad, abordando diversos temas específicos que inviten a la reflexión, y/o al análisis para comprender el conocimiento.

ARBITRAJE

Cada trabajo será revisado por integrantes del Comité Editorial, y una vez que el trabajo sea considerado pertinente, se someterá al proceso de revisión en doble ciego por al menos dos especialistas en el área al que corresponde el artículo. Estos pares académicos deben ser de una institución diferente a la(s) institución(es) de origen del artículo. En caso de que los dictámenes de los especialistas sean contradictorios, el artículo se someterá al Consejo Editorial, o bien se solicitará una evaluación adicional.

- **La decisión podrá ser:** Aceptado, Condicionado o Rechazado.

El dictamen, será comunicado por escrito exclusivamente al autor corresponsal, en un plazo no mayor a tres meses, a partir de la fecha de recepción del original.

EXCLUSIVIDAD

Todos los textos deberán ser originales e inéditos, enviando declaratoria de originalidad (<https://epistemus.unison.mx/index.php/epistemus/libraryFiles/downloadPublic/11>) y de no presentarse en paralelo para otras publicaciones. Se deberá asumir la responsabilidad si se detecta falsificación de datos y falta de autenticidad en la publicación.

DERECHOS DE AUTOR

La revista adquiere los derechos patrimoniales de los artículos sólo para difusión sin ningún fin de lucro, sin menoscabo de los propios derechos de autoría.

Los autores son los legítimos titulares de los derechos de propiedad intelectual de sus respectivos artículos, y en tal calidad, al enviar sus textos expresan su deseo de colaborar con la Revista Epistemus, editada semestralmente por la Universidad de Sonora.

Por lo anterior, de manera libre, voluntaria y a título gratuito, una vez aceptado el artículo para su publicación, ceden sus derechos a la Universidad de Sonora para que la Universidad de Sonora edite, publique, distribuya y ponga a disposición a través de intranets, internet o CD dicha obra, sin limitación alguna de forma o tiempo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y con la obligación expresa de respetar y mencionar el crédito que corresponde a los autores en cualquier utilización que se haga del mismo.

Queda entendido que esta autorización no es una cesión o transmisión de alguno de sus derechos patrimoniales en favor de la mencionada institución. La Universidad de Sonora le garantiza el derecho de reproducir la contribución por cualquier medio en el cual usted sea el autor, sujeto a que se otorgue el crédito correspondiente a la publicación original de la contribución en Epistemus.

Salvo indicación contraria, todos los contenidos de la edición electrónica se distribuyen bajo una licencia de uso y

Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Puede consultar desde aquí la versión informativa y el texto legal de la licencia. Esta circunstancia ha de hacerse constar expresamente de esta forma cuando sea necesario.

FORMATO GENERAL

- 1. Título:** de la colaboración, máximo de 12 palabras. Escrito en los idiomas Español e Inglés. Debe representar el contenido del artículo y permitir al lector situarse en el contexto específico que aborda.
- 2. Nombre(s) de los autores:** en mayúsculas, separados por una coma, sin grados. Máximo 5 autores.
- 3. Resumen:** Aproximadamente de 100 a 150 palabras, colocado después de los autores del artículo. Debe contener información concisa de principales resultados, métodos y conclusiones.
- 4. Palabras clave:** Mínimo 3 y máximo 5.
- 5. Abstract:** La traducción al inglés del resumen es responsabilidad del autor.
- 6. Keywords:** Mínimo 3 y máximo 5. La traducción al inglés es responsabilidad del autor.
- 7. Nombre(es) de los autores:** ámbito disciplinar, institución académica, dirección de correo electrónico de autor(es).
- 8. Estructura deseable para artículos de investigación** (mínima de 3000 palabras y máxima de 5000 palabras):
 - A. Introducción.
 - B. Objetivo.
 - C. Planteamiento del problema.
 - D. Método de trabajo.
 - E. Resultados.
 - F. Discusión.
 - G. Conclusiones.
- 9. Estructura deseable para artículos de divulgación** (Extensión mínima de 2500 palabras y máxima de 4000 palabras):
 - A. Introducción.
 - B. Desarrollo.
 - C. Conclusiones.
- 10. Citas y referencias:** Preferentemente de los últimos 5 años; deben seguir el formato IEEE (https://biblioguias.uam.es/citar/estilo_ieee) e ir al final de la colaboración.
- 11. Contenido:** Elaborado en Microsoft Word de Windows. Utilizar letra tipo Arial de 12 puntos, normal, a doble espacio, justificada. Para las expresiones matemáticas debe usarse un editor de ecuaciones y deberán estar numeradas consecutivamente entre paréntesis. No incluir notas en pie de página.
- 12. Tablas, fotos y gráficos:** Se deben incluir en archivos separados. Incluir el título (como nombre Figura1.ext).

Fotos y gráficos en formato jpg o tif con una resolución (en puntos por pulgada) de 300 ppp para imágenes a escala de grises o color, 600 ppp para combinaciones imagen texto o 1,200 ppp para imágenes a línea; las tablas en Excel. Las imágenes deben ser originales o de licencia creative commons (libres de regalías).

- 13. Plantilla:** Bajar la plantilla con el formato general para el documento: Para desarrollar el artículo se encuentra una plantilla establecida de acuerdo a las características de los artículos. En la liga <https://epistemus.unison.mx/index.php/epistemus/libraryFiles/downloadPublic/12> se puede encontrar la plantilla en Word para la publicación de los trabajos.

POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO

Esta revista proporciona un acceso abierto inmediato a su contenido, basado en el principio de que ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones ayuda a un mayor intercambio global de conocimiento. Las personas que utilicen la información contenida en la revista para su difusión están obligadas a referenciar la revista como fuente de información.

Esta revista no aplica ningún cargo económico ni en la entrega de artículos ni para la producción editorial de los artículos.

CLÁUSULA DE EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Comité Editorial de la publicación. Las imágenes son responsabilidad de los autores y o de la imprenta que realiza el diseño. El Comité Editorial declina toda responsabilidad por los derechos que pudieran derivarse de ellas.

FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

Los artículos se reciben durante todo el año de manera electrónica en la página:

www.epistemus.uson.mx

- Cierre de la edición del primer número del año: Primera quincena de marzo
- Cierre de la edición del segundo número del año: Primera quincena de septiembre
- Impresión y distribución: Junio y Diciembre de cada año.

MAYORES INFORMES AL CORREO Y PÁGINA WEB

revista.epistemus@correom.uson.mx
www.epistemus.uson.mx

Dr. Enrique Fernando Velázquez Contreras

Rector de la Universidad de Sonora

2017 – 2021



Originario de Hermosillo, Sonora, el Dr. Enrique F. Velázquez Contreras cursó sus estudios de licenciatura en el Departamento de Ciencias Químico Biológicas dentro de la carrera de Químico Biólogo con especialidad en Análisis Clínicos, para posteriormente cursar sus estudios de maestría y doctorado en el Programa de Posgrado en Ciencias de Materiales, Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales.

A desarrollado diversas actividades académicas, entre ellas como auxiliar de laboratorio y profesor de asignatura en el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica, y dentro de la Universidad de Sonora incluye participación como Profesor de Asignatura y posteriormente de tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico Biológicas (1985 – 1992), y a partir de 1992 como Investigador de Tiempo Completo, del Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales formando parte del Cuerpo Académico “Química Supramolecular”, reconocido como Cuerpo Académico Consolidado por PROMEP.

Ha dirigido 8 tesis de licenciatura, 3 de maestría y 2 de doctorado, participando asimismo en 16 jurado de tesis de posgrado, incluyendo 3 como sinodal externo en el Centro de Graduados e Investigación del Instituto Tecnológico de Tijuana y 3 en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Como producto de su trabajo académico y de investigación, el Dr. Velázquez Contreras cuenta con más de 17 artículos científicos publicados en revistas indizadas de circulación internacional, con 113 citas independientes a sus publicaciones. Lo anterior le ha hecho merecedor de distinciones tales como el Reconocimiento de Profesor con Perfil Deseable otorgado por la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación

Científica (SESiC), y ser miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1998, contando actualmente con el nivel 1.

En el ámbito administrativo y colegiado, fungió como miembro de los Comités de Evaluación de los Programas Integrantes de Fortalecimiento Institucional (PIFI) de la SESiC, como miembro de los Comités de Evaluación de los Programas Integrales de Fortalecimiento del Posgrado (PIFOP) de CONACyT, así como miembro del jurado del Premio Nacional de Química “Andrés Manuel del Río”, otorgado por la Sociedad de Química de México. A la fecha, es miembro activo del Comité de Ciencias Naturales y Exactas de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIIES), participa como evaluador del Comité de Ingeniería y Tecnología de los CIIES, así como evaluador del Comité de Biología y Química de CONACyT.

Cuenta también con experiencia en Administración Académica dentro de la Universidad de Sonora, ejerciendo diversos cargos entre ellos, Secretario Administrativo del Departamento de Ciencias Químico Biológicas (1987 – 1991), Secretario Académico del Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales (1992 – 1995), Director de la División de Ingeniería (1995 – 1999), Coordinador de los Programas de Posgrado en Ciencia de Materiales (2000 – 2001), y como Secretario General Académico (2001 – 2017).

En Junio de 2017, la Junta Universitaria lo elige por mayoría de votos como rector de la máxima casa de estudios del estado de Sonora, por el periodo comprendido del 16 de junio de 2017 al 15 de junio de 2021.

ECONOMÍA Y ALTRUISMO: DONACIONES EMPRESARIALES Y PIB EN MÉXICO 2010-2018

Economy and altruism: business donations and gdp in mexico 2010-2018

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Carlos Gabriel Borbón Morales ¹

Sara Paloma Pérez Villicaña ²

Marisol Arvizu Armenta ³

Francisco Vargas Serrano ⁴

Recibido: 20/01/2021

Aceptado: 20/05/2021

Publicado: 14/06/2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.128>

Autor de Correspondencia:

Carlos Gabriel Borbón Morales

Correo : cborbon@ciad.mx

Resumen

La donación es una categoría conceptual asociada con el altruismo. Esta cualidad del ser humano que implica la ayuda desinteresada al otro es estudiada por la sociología y psicología, desde conceptos como: ayuda al prójimo, simpatía, empatía y pro-socialidad. Desde las disciplinas económica-financieras, su abordaje metodológico se vincula con la transferencia de renta de un agente económico a otro. Donde el decremento de la renta del agente donante se ve compensado con un incremento en su satisfacción producto de la donación. En el ámbito empírico, desde la perspectiva de la empresa, se advierte que tales conductas altruistas se verían reflejadas en las transferencias monetarias que éstas realizan a organizaciones donatarias autorizadas, registradas por la contabilidad gubernamental mexicana. Con base en la información pública del Gobierno de México, el objetivo es relacionar el índice de especialización de la renta, con el índice de especialización en altruismo, utilizando la metodología de Índice de Especialización en Altruismo (IEA). Utilizando la metodología del Índice de Especialización en Altruismo de la IEA basado en Bela Balassa, se encontró que existe correlación significativa entre PIB y las donaciones a empresas. Si bien en este estudio no se analiza la eficacia de los destinos de las donaciones, se asume que éstas van a apoyar causas en cada rubro en la que estas se especializan.

Palabras clave: sociedad civil, altruismo, transferencia monetaria, PIB.

Abstract

Donation is a conceptual category associated with altruism. This quality of the human being associated with selfless help to the other, is studied by sociology and psychology, from concepts such as: helping others, sympathy, empathy and pro-sociality. From the economic-financial disciplines, its methodological approach is linked to the transfer of income from one economic agent to another, where the decrease in the income of the donor agent is offset by an increase in their satisfaction as a result of the donation. In the empirical field, from the perspective of the company, it is noted that such altruistic behaviors would be reflected in the monetary transfers that they make to authorized donor organizations, registered by the Mexican government accounting. Based on public information from the Government of Mexico, the objective is to relate the income specialization index to the altruism specialization index, using the methodology of the IEA Altruism Specialization Index based on Bela Balassa, it was found that there is a significant correlation between GDP and donations to companies. While this study does not analyze the effectiveness of the donation destinations, it is assumed that they will support causes in each area in which they specialize.

Keywords: civil society, altruism, money transfer, GDP

¹ Doctor en Ciencias Económicas, de la Coordinación de Desarrollo Regional del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo AC, Hermosillo Sonora, México. Correo electrónico: cborbon@ciad.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6073-6672>.

² Licenciado en Economía, Universidad de Sonora

³ Doctor en Ciencias, Departamento de Administración, Maestría en Finanzas, Universidad de Sonora, Hermosillo Sonora México. Correo electrónico: marisol.armenta@unison.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2284-9908>.

⁴ Doctor en Ciencias Sociales, Departamento de Economía Universidad de Sonora Hermosillo Sonora México. Correo electrónico: francisco.vargas@unison.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7440-9445>.



INTRODUCCIÓN

Desde la ciencia económica, se ha tratado de analizar y explicar el comportamiento de los agentes económicos. Sus criterios de razonamiento se sustentan en los supuestos de la estructura teórica convencional, que asumen que el individuo es un ser racional; lo cual implica que sus decisiones se rigen con base en el criterio de la maximización de la utilidad. Al respecto existe un debate vigente sobre el “no realismo de estos supuestos” provistos por Friedman (1967) [1], que argumenta que la ventaja de la teoría económica radica en el éxito de sus pronósticos y no en el realismo de sus supuestos.

Por otro lado, desde el área emergente conocida como economía del comportamiento, se brinda una crítica sobre lo irreal de los supuestos y sus efectos a la hora de condicionar las conclusiones. Además, se plantea que los individuos no son del todo egoístas, sino que posee rasgos altruistas; a grado que en ocasiones buscan el beneficio de los otros incluso a costa del suyo propio. De acuerdo con Robert Frank (2005) [2], la definición se precisa exponiendo que existen conductas altruistas; donde los agentes económicos en aras de incrementar su satisfacción están dispuestos a otorgar parte de su renta a otro agente.

En este documento, los datos de donaciones provistas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), son utilizados como variable proxy del altruismo; donde una empresa donante cede parte de su renta hacia asociaciones civiles donatarias. El objetivo de la presente investigación es relacionar las donaciones recibidas en los Estados con el Producto Interno Bruto Estatal (PIBE) como indicador de la renta.

ANTECEDENTES

El concepto de donación que surge en el siglo XVI. De acuerdo con Sánchez y Pena (2006) [3], el concepto de altruismo en el siglo XVIII con Adam Smith (1759) [4] y Francis Edgeworth (1881) [5]. Para el siglo XX Ludwig Von Mises (1922) [6], Kenneth Boulding (1969) [7], Gary Becker (1974) [8], Herbert Simon (1983) [9] y Amartya Sen (1987)



[10], abordan la temática desde posiciones eminentemente sociológicas y económicas. En los años 1990 se retoma el estudio del fenómeno del altruismo con más frecuencia y así mismo con más contribuciones de estudio, sobre todo con las formas organizativas entorno al altruismo. Donde el individuo se sensibiliza por las necesidades del otro y lo motivan a ayudar Izquieta y Callejo (1999) [11], ver Figura 1a, 1b.

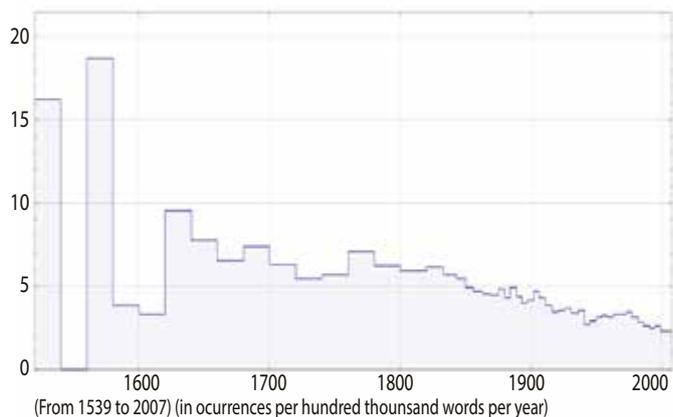


Figura 1a. Evolución de la frecuencia de uso del término donación del siglo XVI al siglo XX. (Frecuencia por cada cien mil palabras por año, de 1539 a 2007).



Figura 1b. La contabilidad de las donaciones en el contexto internacional.

Aunque la teoría de (Smith, 1759) [4], menciona el egoísmo de los consumidores donde estos se dejan guiar por la mano invisible. No podemos separar o dejar de tomar en cuenta que Smith, consideraba otras características del consumidor en lo escrito en la teoría de los sentimientos morales. Así, el mecanismo de la mano invisible falla cuando hay importantes costos o beneficios que recaen sobre personas que no son los que han tomado decisiones (Frank, 2005) [2].

Por otra parte, K. Boulding distinguía tres clases de grupos de organizadores sociales: el sistema de amenazas, el sistema de intercambio y el sistema integrador. En este



sentido la economía se ocuparía de estudiar el sistema de intercambio, pero pensaba que también podría estudiar la parte del sistema integrador que tiene que ver con las transferencias de intercambiables; esto es, la “economía de las donaciones”, que para él constituían una medida amplia de las relaciones integradoras (Boulding, 1969) [7a].

La premisa fundamental del agente económico, desde la perspectiva convencional, es que solo se circunscribe a la búsqueda de la maximización del beneficio. Esta concepción supone que las personas racionales sólo tienen en cuenta los costos y los beneficios que les afectan directamente a ellas. Es decir, se dejan de lado comportamientos humanos cotidianos, tales como: brindar felicidad a otras personas, buscar el bienestar del otro y hacer lo correcto, entre otros. De acuerdo con Frank (2005) [2], el criterio de racionalidad basado en el objeto inmediato implica que las personas actúen eficientemente en pro de sus aspiraciones y objetivos.

Para concluir la idea anterior F. Nieto (2016) [18] en su artículo señala que:

“Si bien el altruismo cambia radicalmente la definición del Homo economicus, el bienestar social resultante de la interacción de los individuos bajo este comportamiento puede ser igual e inclusive superior al típico estado de bienestar al que se llega con la caracterización egoísta.”

Boulding (1973) [7b] clasificó a las donaciones en dos tipos, de acuerdo con su motivación: Las donaciones que provienen del “amor”, consideradas como relaciones integradoras. Las provenientes del tributo, que se basan en el miedo. En general consideró que estas transferencias son unidireccionales. A diferencia de los intercambios que son transferencias de dos vías.

De acuerdo con Casais y S. Santos (2019) [12], las organizaciones sin fines de lucro (OSFL) se orientan a satisfacer necesidades de la sociedad que no son cubiertas por el Estado o por las empresas, enfrentando desafíos en para la financiación de sus operaciones, y aunque algunas implementan de principios de marketing para diversificar las fuentes de financiamiento y, en consecuencia, un mejor desempeño de sus operaciones. De acuerdo con K. Ikhua, R. Rodríguez, M. Saldaña (2016) [16] Dentro de una economía que cuenta con fines altruistas existen algunas transferencias de carácter privado que redistribuyen los ingresos a través de mecanismos de mercado específicos.

De ahí que parte de su éxito consiste en su capacidad para diversificar las fuentes de financiación (Froelich, 1999) [13], donde la recaudación de fondos a través de donaciones es su principal fuente de ingresos (Carroll y Stater, 2008) [14].

Donaciones internacionales

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en 2015 la ayuda oficial al desarrollo a nivel internacional fue USD 131 555.1 millones.



Para el 2016 USD 144 956.3 millones, lo que representa un crecimiento del 10.2 %, esto manifiesta que los países que donan están interesados en aumentar su presupuesto destinado a donaciones. El principal país donante es Estados Unidos, con USD 34 411.6 millones, que para el 2016 significó un crecimiento del 11.1 % respecto al 2015. Para el periodo 2015-2016 sus principales donaciones fueron 37 % en salud y bienestar, 22% en ayuda humanitaria. Sus tres principales destinos en el año 2016 fueron: Afganistán con USD 3,402 millones, India con USD 3 105 millones y Vietnam con USD 2 370 millones.

En el ámbito internacional, México recibió en el 2015 un total neto de USD 321 millones, en el 2016, USD 809 millones, el total bruto para 2015 de USD 508 millones y para 2016 USD 877 millones. El neto per cápita para 2015 USD 2.5 millones y para 2016 USD 6.3 millones. En este contexto se puede incluir el papel que juegan los emprendedores sociales, principales destinatarios de las donaciones y de la economía altruista, según F. Santos; M. De la O; C. Guzmán (2013) [17].

La contabilidad de las donaciones en México.

Respecto a las donaciones al interior de México, la contabilidad de estos flujos lo registran:

a) La cuenta satélite de las instituciones sin fines de lucro en México (CSISFLM) del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en 2014, registró \$490 mil 900 millones de pesos. Lo anterior, considerando la valoración económica del trabajo voluntario, y el valor agregado de las ISFL (instituciones sin fines de lucro).

b) El registro de donatarias nacionales e internacionales de la SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público), en la cual se registra un padrón de más de 8 mil donatarias registradas para el año fiscal 2017. Contabilizando a nivel nacional las donaciones en \$37,522,091,204 millones de pesos. Por otro lado, existe el registro de donatarias nacionales e internacionales de la SHCP, en ella registra un padrón de más de 8 mil donatarias registradas para 2018 que a nivel nacional las donaciones en efectivo son de \$

45,282,211,477 pesos, que equivalen al 0.05%1 del PIB nacional de ese mismo año.

MÉTODO

En este estudio de tipo relacional (correlacional), se utiliza el PIBE como indicador de la renta estatal, y un indicador proxy al altruismo en este caso las donaciones a las instituciones sin fines de lucro inscritas en el padrón de donatarias autorizadas por la SHCP.

Se recopilaron datos de las donaciones a las instituciones sin fines de lucro en los estados de México por SHCP. Donde, la contabilidad de las donaciones en México se lleva a cabo a través de la CSISFLM. INEGI en el 2011 publica por primera vez la cuenta satélite de las ISFL. Al respecto la CSISFLM se estructura en función de los bienes y sectores productivos, por un lado, se encuentran los bienes y servicios producidos por las instituciones sin fines de lucro y el voluntariado. Posteriormente, se recopilaron datos del PIBE en los estados de México reportados por INEGI, esto como indicador de la renta generada en los mismos.

Se construyó la base de datos de las donatarias en México, por tipo de donataria en el período de 2010-2018, y PIB de los Estados para realizar el cálculo del Índice de Especialización en Altruismo IEA con base en Bela Balassa (1965) [15].

$$IEAi = \log \left(\frac{\frac{XE_{it}}{XN_{it}}}{XN_t} \right) \quad (1)$$

Donde:

XE es la donación total por entidad federativa, i representa el tipo de donación, t representa el año, XN es el total de donación nacional.

El índice tiene la propiedad de mostrarse a través de un logaritmo. En este sentido la forma adecuada de interpretación es que aquellos resultados mayores a 0 se interpretan como especializados, entre mayor sea el resultado será mayor la especialización. Posteriormente, se construyó un modelo econométrico, con la finalidad de conocer la relación entre el PIBE y el nivel de donación en los Estados.

Para México la ecuación de regresión lineal se presenta de la siguiente manera:

$$Y = B_0 + B X + \varepsilon \quad (2)$$

Mientras que, para Sonora se describe de la forma:

$$Y = B_0 + B_i X_i + \varepsilon \quad (3)$$

Donde:

Y es la variable dependiente (Donación), X es la variable

independiente (PIBE), i es el Estado. Bajo los siguientes parámetros: B_i = magnitud del efecto que X_i tiene sobre Y (incremento en la medida de Y cuando X_i aumenta una unidad), B_0 = término constante (promedio de Y cuando las v explicativa valen 0), ϵ = residuos (perturbaciones aleatorias, error del modelo). Los cálculos y regresiones respectivas se llevarán a cabo en el programa SPSS 21.

RESULTADOS

En la SHCP, existe un padrón de más de 8 mil donatarias registradas para 2018. A nivel nacional las donaciones en efectivo son del orden de: \$ 45, 282,211,477.00. Destacan: Ciudad de México 49 %; Nuevo León 10 %; Estado de México 10 %; Puebla 4.2% y Sinaloa 3.2 %. Sonora tiene una participación del 1.1 %. Asimismo, la distribución de las donaciones está liderada por las asistenciales con casi el 60 %.

Posición de donaciones vs PIB por Estado

En la figura 2 se registran los estados con mayor nivel de las donaciones y más altos registros del PIB. Al respecto tanto Cd. de México, Nuevo León y Estado de México guardan correspondencia entre la generación de renta y el nivel de donaciones. En tanto que Veracruz y Guanajuato con rentas altas, tienen menores donaciones que Puebla y Jalisco.



Figura 2. Posicionamiento del PIB vs Posicionamiento en donaciones del 2017.

Destaca Sinaloa ya que con el lugar 16 en el PIB, se sitúa en el 4to. Lugar de donaciones. Por lo que podemos decir que no necesariamente los estados con mayor renta tienen más donaciones.

Para el caso de Sonora, las donatarias de mayores rubros de captación son: asistenciales \$ 1 919 675 845; ecológicas \$ 294 985 156 y educativas \$ 236 222 769. En la figura 3, se muestran que las donatarias donde se especializa Sonora son: Asistenciales, educativas, becantes, ecológicas, obras o servicios públicos, y programa escuela-empresa.

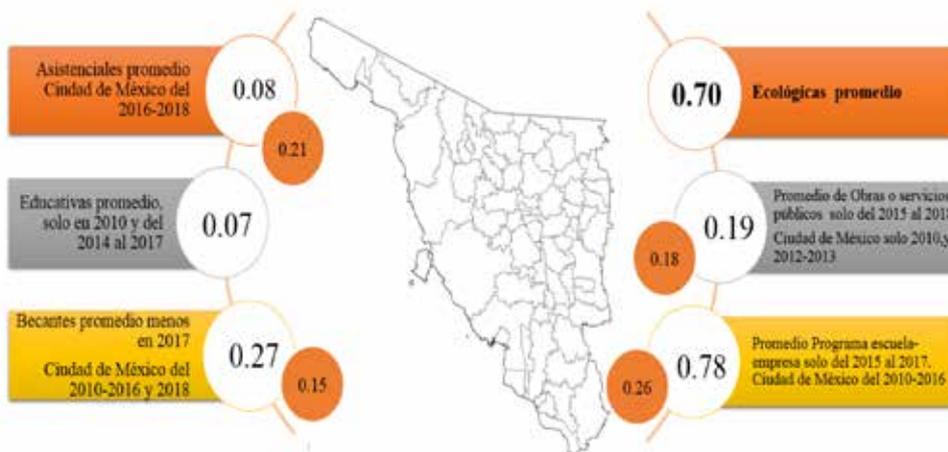


Figura 3. Especialización en Sonora y Ciudad de México del 2010 a 2018.





En la tabla 1 se observan varios componentes de la regresión lineal para México, en primera instancia se advierte que por cada millón que recibe México dona hasta \$ 3 000 pesos, en este sentido se observa que ambas variables son significativas y el modelo cuenta con una bondad de ajuste aceptable de 0.643.

Tabla 1. Modelo de regresión lineal México

Modelo	Coeficientes no estandarizados			R2
	B	Desv. Error	t	
Constante	-690.67	168.106	-4.10	0.643
PIB (X)	.003	.000	13.3	

a. Variable dependiente: Donación(Y)

El modelo cumple con los supuestos de linealidad, normalidad y homocedasticidad. Los parámetros teóricos entre 1.5 y 2.5, en el modelo se obtuvo 1.98. Homocedasticidad: Existe homocedasticidad. Normalidad: Se advierte normalidad mediante histograma y regresión de residuos.

En los gráficos anteriores se muestra como la regresión no cuenta con problemas que afecten la interpretación, se observa en el Figura 1 como la distribución de las observaciones está concentrada en su mayoría dentro del cuadrante de (0,2) a excepción de ciertos puntos que no logran hacer ruido a la tendencia y reforzando el supuesto de distribución homogénea de los residuos, comprobando el supuesto de homocedasticidad.

En cuanto a la Figura 3 se observan los residuos distribuidos en la forma de distribución de la campana, por lo cual se asume la distribución normal de estos, además



se observa cómo se comportan en la figura de la regresión donde conservan una línea de tendencia constante y creciente. Regresión lineal de Sonora: En el caso del Estado de Sonora se observa en la siguiente tabla los coeficientes de la regresión obtenidos.

En la tabla 2 se observan dos datos interesantes, en primera instancia las variables del modelo son lo suficientemente robustas para conducir a una interpretación confiable, ambas muestras comportamientos estadísticamente significativos, en segunda instancia se observa que la bondad de ajuste del modelo es superior a la observada a nivel nacional con un una R de 0.75. En este sentido se afirma entonces que por cada millón que recibe el estado de Sonora dona hasta 1000. La regresión mostrada en la tabla 2 se compone de indicadores que ofrecen al lector una señal adecuada para su interpretación, sin embargo, es necesario asegurarse de que cumple con los supuestos planteados en el modelo para llegar a conclusiones certeras y objetivas.

Tabla 2. Modelo de regresión lineal Sonora.

Modelo	Coeficientes no estandarizados			R2
	B	Desv. Error	t	
Constante	-172.003	179.755	3.957	0.75
PIB (X)	.001	.000	2.842	

a. Variable dependiente: Donación (Y)

Al igual que la regresión a nivel nacional se llevaron a cabo pruebas de homocedasticidad, normalidad e independencia quedando de la siguiente manera: Independencia: en el modelo de Sonora fue de 1.94. Homocedasticidad: Existe, gráfico (ZPRED, ZRESID)

En la Figura 4 se observa homocedasticidad en los residuos, sin embargo, en las Figuras de normalidad no se advierte normalidad en la Figura 5 dentro del histograma por lo cual se decide utilizar la Figura de la regresión de los residuos que muestra comportamiento creciente hasta llegar a una sección de estabilidad de los residuos.

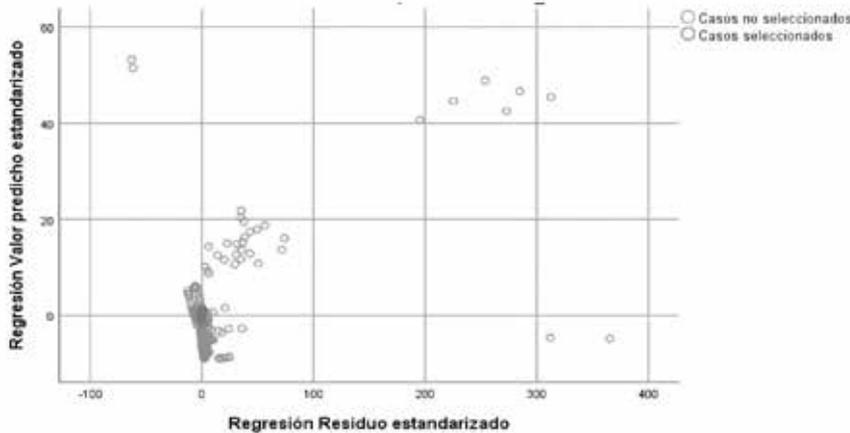


Figura 4. Prueba de homocedasticidad por dispersión de dato.

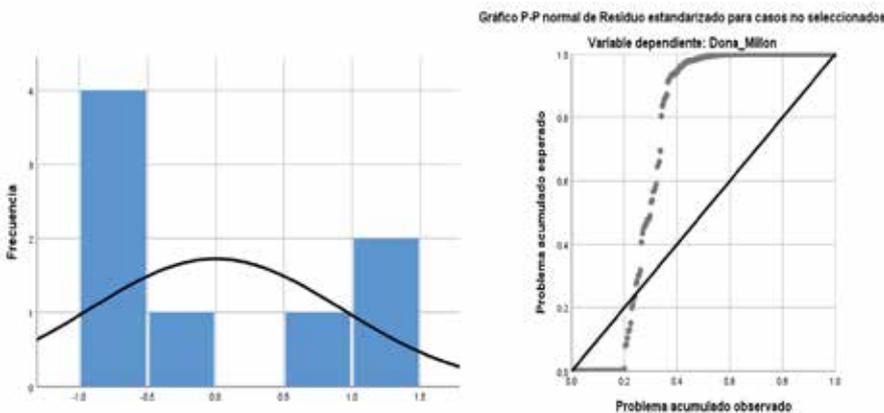


Figura 5. Gráficos de normalidad a través de histograma y regresión de residuos Fuente: Elaboración propia.

La regresión lineal simple entre las donaciones y el PIB resultó significativa. Por lo que podemos estimar un modelo con tres posibles escenarios: (a) decrecimiento del PIB de -0.2 %, (b) crecimiento del 0.1 %, (c) sin crecimiento 0.0. Lo anterior con base en las previsiones de crecimiento del Banco de México.



Estimado para México

$$Y = -690,6 + 0,003X_i + E \quad (4)$$

Si el PIB decrece en 0.2% las donaciones serían: \$56 442 256 109. Si el PIB crece en 0.1% las donaciones serían: \$77 608 102 409. En el caso de no haber crecimiento alguno, las donaciones serían de \$70 552 820 309

Estimado para Sonora:

$$Y = -172,003 + 0,001X_i + E \quad (5)$$

Si el PIB decrece en 0.2 % las donaciones serían: \$ 570 587 828.0. Si el PIB crece en 0.1 % las donaciones serían: \$ 784 558 328.0. En el caso de no haber crecimiento alguno, las donaciones serían de \$ 713 234 082.

CONCLUSIONES

Se relacionó el nivel de donación con el crecimiento económico en los Estados de la República, destacando en México el rubro de las donatarias asistenciales. En nivel de captación de donación Sonora representa un 2.4 % de lo que recibe México.

Se estimó el nivel de donación económico en los estados, destacando seis de ellos que participan con el 80 % de la donación total. Ciudad de México, Jalisco, Sinaloa y Nuevo León. Se estimó la especialización de las donaciones, mediante el IEA de México, Sonora y los estados con mayor participación en donación. Destaca Sonora con especialización en el rubro ecológico con 0.70. Por su parte, los estados con mayores rubros especializados en todo el periodo analizado fueron Yucatán y Nuevo León.

Si bien en este estudio no se hace analiza la eficacia de los destinos de las donaciones, se asume que éstas van a apoyar causas en cada rubro en la que estas se especializan. Por lo que se recomienda mayor difusión a través de las mismas instituciones sin fines de lucro, sobre la importancia y el impacto en resultados de la donación. Incrementar la capacitación y profesionalización de las donatarias en México.

A pesar de que en el contexto internacional y nacional existe un crecimiento de las donaciones a través de los años, en el caso de México, la donación no es sustancial, es solamente el 0.05% del PIB, por lo que se recomiendan los siguientes puntos para fomentar el crecimiento de éstas.

- Difusión a través de las mismas instituciones sin fines de lucro, sobre la importancia y el impacto en resultados de la donación.
- Promoción de la capacitación y profesionalización de las donatarias en México, de tal manera que puedan adquirir herramientas que permitan difundir, expandir y potencializar su actividad.
- Fomentar en los diferentes rubros la cultura de la donación, promoviendo la responsabilidad social y la diversificación en materia fiscal.

Si bien, el estudio presentado es de carácter exploratorio resulta ser un inicio interesante para nuevas líneas de investigación que enfoquen sus trabajos en el rubro de empresas donatarias internacionales. Se deja

abierta la línea para posibles estudios relacionales y causales que permitan dilucidar el efecto de las donaciones por categoría y región geográfica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Friedman, Ensayos de Economía positiva, Madrid: Gredos, 1967.
- [2] R. H. Frank, Microeconomía y Conducta., Madrid: McGraw Hill, 2005.
- [3] J. A. Peña y J. M. Sánchez, «Altruismo, simpatía y comportamientos prosociales en el análisis económico.» Principios: Estudios de Economía Política, vol. 4, nº 1, pp. 55-72, 2006.
- [4] A. Smith, Teoría de los sentimientos morales, Londres y Edimburgo: Alianza, 1759.
- [5] F. Edgeworth, Mathematical psychics: An Essay on the application of mathematics to the moral sciences., Londres: C Kegan Paul and Co, 1881.
- [6] L. Von Mises, El socialismo análisis económico y sociológico, Madrid: Unión Editorial, Universidad de Marroquín, 1992.
- [7] K. Boulding, La economía como ciencia moral., Chicago: McGraw-Hill, 1969.
- [7a] K. Boulding, «Economics as a Moral Science», The American Economic Review, Vol. 59, No. 1, pp. 1-12, 1969.
- [7b] K. Boulding, The Economy of Love and Fear. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1973.
- [8] G. Becker, «A theory of social interactions.» The university of Chicago Press, vol. 82, nº 6, pp. 1063-1093, 1974.
- [9] H. Simon, Reason in human affairs, Stanford, California: Stanford University Press, 1983.
- [10] A. Sen, Ethics and Economics. Oxford: Blackwell, 1987.
- [11] J. L. Izquieta y J. J. Callejo, «Los nuevos voluntarios: naturaleza y configuración de sus iniciativas solidarias.» Revista Española de Investigaciones Sociológicas, vol. 86, nº 1, pp. 95-128, 1999.
- [12] B. Casais y S. Santos. Corporate Propensity for Long-Term Donations to Non-Profit Organisations: An Exploratory Study in Portugal. Social Science MDPI, vol. 8, no. 2, 2019. doi:10.3390/socsci8010002.
- [13] K. Froelich. Diversification of Revenue Strategies: Evolving Resource Dependence in Nonprofit Organizations. Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly 28: 246-68, 1999.
- [14] D. Carroll y K. J. Stater. Revenue diversification organizations: Does it lead to financial stability? Journal of Public Administration Research and Theory 19: 947-66, 2008.
- [15] B. Balassa, «Trade liberalization and revealed comparative advantage.» The Manchester School of Economic and Social Studies, vol. 2, nº 33, pp. 99-123, 1956.
- [16] Kochi, Ikuho; Ponce Rodríguez, Raúl Alberto; Saldaña Hernández, Miriam, «Impuestos lineales óptimos para economías con altruismo» Noesis revista de ciencias sociales y humanidades, vol. 42 nº 43, pp 52-81, 2013.
- [17] F. J. Santos, M. de la O Barroso, C. Guzmán «La economía global y los emprendimientos sociales.» Revista de Economía Mundial, nº 35, pp 177-196, 2013
- [18] F. Nieto «Racionalidad, Altruismo y bienestar social» Revistas Universidad Externado de Colombia, nº 20, pp 48-54, 2016.

Cómo citar este artículo:

Borbón Morales, C. G., Pérez Villicaña, S. P., Arvizu Armenta, M., & Vargas Serrano, F. ECONOMIA Y ALTRUISMO: DONACIONES DE EMPRESAS Y EL PIB EN MEXICO 2010-2018. EPISTEMUS, 14(29). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.128>

DEMOCRACIA Y SALUD, SU ASOCIACIÓN EN DOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA.

Democracy and health, its association in two countries in latin america

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Salvador Ponce Serrano ¹

Recibido: 15/02/2021

Aceptado: 25/05/2021

Publicado: 15/06/2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.151>

Autor de Correspondencia:

Salvador Ponce Serrano

Correo : salvador.ponce@unison.mx

Resumen

Introducción: Utilizando los indicadores de la carga global de la enfermedad y el Índice de Desarrollo Democrático de América Latina del 2000 al 2016 se comparó la relación con el nivel de salud en Chile y México. **Objetivo:** Caracterizar las asociaciones para observar comparativamente, su relación con el estado de mejor o peor salud. **Material y Método:** Se realizó análisis epidemiológico, de correlación y coeficientes de pruebas resumen "Z" de asociación. **Resultados:** Chile con alta evaluación democrática, presentó mínimas asociaciones. México con menor calificación presentó fuertes asociaciones entre bajo desempeño democrático en sus indicadores como menor ganancia en esperanza de vida, más años perdidos por muerte prematura y menos años de vida saludable. **Conclusiones:** Una baja experiencia democrática se asoció con indicadores desfavorables en salud en México y una mejor experiencia democrática no tuvo asociación en resultados en Chile.

Palabras clave: democracia, salud, sistemas de salud.

Abstract

Introduction: Using the indicators of the global burden of the disease and the Democratic Development Index of Latin America from 2000 to 2016 their relationship with the state of health in Chile and Mexico was compared. **Objective:** To characterize the associations to observe their relationship with the state of better or worse health. **Material and Method:** Epidemiological analysis, correlation and coefficients of summary "Z" tests of association were carried out. **Results:** Chile with high democratic evaluation, presented minimal associations. Mexico with a lower rating presented strong associations between low democratic performance in its indicators such as lower gain in life expectancy, more years lost due to premature death and fewer years of healthy life. **Conclusions:** A low democratic experience was associated with unfavorable health indicators in Mexico and a better democratic experience was associated with better results in Chile.

Keywords: democracy, health. health systems.

¹ Doctor En Gestión De Salud Institucional, Universidad De Sonora, México, Correo Electrónico: salvador.ponce@unison.mx, <https://orcid.org/0000-0003-0310-6399>



INTRODUCCIÓN

La democracia es la forma de gobierno que centra la participación política en el pueblo, un gobierno de mayorías con respeto a las minorías, libertad solo limitada por las leyes que son aplicables a todos, plasmadas en una constitución, igualdad ante la ley, representatividad, disfrute de los derechos humanos como el voto, la salud y otros [1]. Configura la oportunidad pública de ejercer una influencia real en la toma comunitaria de decisiones y en la distribución de oportunidades entre y para los ciudadanos. La salud es la condición de una comunidad, estado o país, donde las personas pueden estar en bienestar, asintomáticas, en riesgo de enfermar o con daños a la salud por la interacción de su biología, con su ambiente físico o con los determinantes sociales. Estos últimos importan porque el cuidado preventivo-curativo se afecta si los bienes públicos como la sanidad de agua, del aire, alimentos, los servicios médicos, se descuidan o no se atienden lo que causa más daños y altos costos económicos y sociales. Por ello la salud así entendida es un derecho contemplado en las democracias y es responsabilidad del estado materializarlo mediante el acceso efectivo al sistema de salud. Los sistemas de salud son las estructuras sociales encargadas de la implantación, desarrollo y ejercicio del derecho a la salud [2].

Se ha documentado la relación entre democracia y situación de salud, por ejemplo, en la prevención de las epidemias y otros desastres. Hay publicaciones

que muestran que la salud de la población varía según la calidad de su sistema democrático [3].

En México, el sistema de salud enfrenta importantes retos debido a una deficiente estructura y funcionalidad, ya que está fragmentado y segmentado, su cobertura no es universal, genera inequidades y es poco preventivo [4]. Por otra parte, se señala que la democracia en México no está cumpliendo con las expectativas de salud de las personas debido a corrupción, impunidad y escasa eficacia que contribuyen a la presencia de desigualdades que afectan la atención que deberían prestar las instituciones a la salud de la población [5]. El estudio de la relación entre democracia y salud actualmente adquiere relevancia debido al reconocimiento de que los sistemas de salud son un determinante de la salud poblacional y que, en las condiciones sociales en que viven y trabajan las personas, se encuentran los factores más importantes de la salud comunitaria [6]. Los vínculos entre la salud de la población y la experiencia democrática no son fáciles de observar por las complejidades de esas instituciones, así como por la influencia de factores como la economía, la

distribución de bienes, la inversión en salud, la justicia, la transparencia, etc. Sin embargo, los intentos por caracterizar los niveles de democracia ya son de uso frecuente, tal como los estudios propiciados por el Banco Mundial, con el Polity Score [7] o por Polilat [8]. Actualmente con técnicas de minería de datos, manejo de bases de datos, con modelaje matemático, es posible analizar variables sociales, de salud y sus relaciones, que descubran mejores rutas a investigar.





Los determinantes sociales de la salud, particularmente en su expresión como inequidades en salud, se manifiestan por las diferencias injustificadas de los indicadores de salud entre colectivos de personas. Los mayores y más frecuentes daños a la salud como la diabetes mellitus, adicciones, malnutrición por obesidad o desnutrición y la menor esperanza de vida, ocurren en países y lugares pobres y con un bajo nivel de democracia y alta inequidad social [9]. Se considera que la ausencia o presencia de prácticas democráticas en los países y en sus sistemas hospitalario, médico y preventivo, influyen en la salud de la población lo que se observa empíricamente en tanto que hay mejor salud cuando la democracia tiene buen desempeño [10]. Es plausible pensar que buenos resultados de un sistema de salud es un reflejo del desempeño democrático de un país, puesto que sus prácticas de gobierno y decisiones tienen patrones culturales similares. Con el objetivo de caracterizar la asociación entre el desempeño democrático y los resultados de salud en población, se realiza este estudio en países análogos lo que puede contribuir a identificar variables para ser intervenidas y mejorar las prácticas sociales en beneficio del bienestar poblacional.

MÉTODO DE TRABAJO

Se realizó este estudio comparativo entre los resultados de salud en dos países de Latinoamérica, con diferente desempeño democrático, Chile y México. La información se recolectó del periodo del año 2000 al 2016. Los datos de la democracia se obtuvieron del "Índice de Desarrollo Democrático de América Latina", (IDD-Lat.2016), que evalúa cada año a los países latinoamericanos, obteniendo la información de variadas fuentes [10]. El índice califica en escala de 0 a 10 y se obtiene de subindicadores derivados de cuatro dimensiones que son la democracia de los ciudadanos, la democracia de las instituciones, democracia social por políticas del bienestar, y la democracia económica. Los datos sobre resultados de salud se tomaron de la plataforma informática del "Estudio Global de la Carga de la Enfermedad "GBD". [11] La "carga" se refiere al peso o lastre que las enfermedades, lesiones y

factores de riesgo generan al sistema de salud de un país y sus indicadores son los siguientes:

- Tasa de mortalidad general. Es el total de muertes por 100 000 habitantes en el área.
- Tasa de años de vida ajustados por discapacidad (AVISAS) por 100 000 habitantes. Incluye la suma de muertes prematuras y la discapacidad
- Tasa de años vividos con discapacidad (AVD) por 100 000.
- Años perdidos por muerte prematura (APMP) es el número de defunciones por grupo menos la esperanza de vida estándar, 83 años en este trabajo.
- La esperanza de vida (EV) es la cantidad de años promedio que un grupo humano puede esperar vivir.
- Esperanza de vida saludable (EVS) es la cantidad de años que un miembro promedio de un grupo puede esperar vivir sin discapacidad.

Se realizó descripción epidemiológica por cada país mediante promedios, desviación estándar de tasas, tendencias y graficas; análisis comparativo de tasas y medias mediante correlación entre los indicadores numéricos de salud y los de democracia para cada país, en hombres, mujeres y ambos grupos. Se compararon los resultados entre los países. Como los coeficientes de correlación son adimensionales, se transformaron a coeficientes de correlación media "Z" para obtener datos resumen que permitieran mejor comprensión en la comparación entre uno y otro país [12]. Se elaboraron cuadros, graficas de tendencia, gráficos de dispersión y valores de las correlaciones con análisis descriptivos de los resultados.

RESULTADOS

Los niveles de democracia durante el periodo estudiado fueron en promedio en Chile de 9.5 puntos y 10 en el año 2016. Para México fue 5.2 puntos en promedio y alcanzó 4.49 el último año. Los daños a la salud más relevantes fueron los relacionados con la mortalidad prematura en México y la discapacidad en Chile respectivamente.

En ambos países se identificó un exceso de mortalidad en los hombres en relación con las mujeres. La pérdida de años de vida saludable ajustados tuvo cifras, diferencias y razones de tasas parecidas en ambos países. Las tasas





de mortalidad general fueron mayores en Chile que México, pero Chile tiene una mayor población envejecida que México. Los años de vida vividos con discapacidad fueron mayores en Chile y el exceso en este daño ocurrió en el sexo masculino en los dos países. De manera notable los años perdidos por muerte prematura son mayores en México y con un predominio de esos daños en los hombres. (Tabla 1)

Tabla 1. Daños a la salud comparativos. México-Chile. 2000-2016

		México			Chile			Diferencia de medias de tasas	Razón Chile / México
		Suma de tasas	Media de tasas	DE de tasas	Suma de tasas	Media de tasas	DE de tasas		
		Mortalidad	Ambos	3827	478.36	25.79	4445		
	Mujer	3361	420.11	22.73	4101	513.69	22.45	-93.58	1.22
	Hombre	4297	537.09	29.4	4797	599.61	18.42	-62.52	1.12
*AVISAS	Ambos	186348	23293	246.98	182990	22874	181.65	419.00	0.98
	Mujer	165431	20678	241.5	169812	21227	242.46	-549.00	1.03
	Hombre	207481	25935	332.16	196519	24565	210.1	1370.00	0.95
*AVD	Ambos	69711	8714	346.92	89577	11197	266.51	-2483.00	1.28
	Mujer	73690	9211	365.36	96519	12064	271.45	-2853.00	1.31
	Hombre	65688	8211	329.34	82452	10306	262.26	-2095.00	1.26
*APMP	Ambos	116628	14579	491.55	93405	11675	237.67	2904.00	0.80
	Mujer	91737	11467	548.37	73293	9161	138.94	2306.00	0.80
	Hombre	141791	17724	490.61	114022	14252	357.33	3472.00	0.80

Fuentes IDD-Lat. 2016, y <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/#> Tasas por 100000

AVISAS: Años de vida perdidos ajustados a discapacidad.

AVD: años vividos con discapacidad.

APMP: Años perdidos por muerte prematura.

DE: desviación estándar.

En relación con la mortalidad usando la esperanza de vida y la esperanza de vida saludable, muestra que en ambos países se obtuvieron ganancias en esos indicadores, siendo las mayores en Chile, además, que fue mayor en las mujeres que en los hombres en ambos países.

La esperanza de vida al nacer tuvo menor ganancia de años en México, solo 1.49 años y en hombres incluso hubo pérdidas. En Chile se incrementó 2.62 años, más que en México, con ganancia comparativa del 76% en el periodo. (Tabla 2) En esta misma tabla se observa que la esperanza de vida saludable fue mayor en Chile que en México tanto en número como en proporción.

Tabla 2. Ganancia en esperanza de vida y esperanza de vida saludable. México y Chile 2000 a 2016.

		México			Chile			Razón
		Inicio	Final	Ganancia	Inicio	Final	Ganancia	
*EV	Ambos	74.89	76.38	1.49	77.7	80.32	2.62	1.76
	Mujer	77.62	79.11	1.49	80.63	83.19	2.56	1.72
	Hombre	75.16	73.71	-1.45	74.7	77.28	2.58	NA
*EVS	Ambos	65.81	67.06	1.25	67.61	69.9	2.29	1.83
	Mujer	67.79	69.00	1.21	69.48	71.75	2.27	1.88
	Hombre	63.82	65.17	1.35	65.68	67.98	2.3	1.70

Fuentes IDD-Lat. 2016, y <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/#> Tasas por 100000

AVISAS: Años de vida perdidos ajustados a discapacidad.

AVD: años vividos con discapacidad

APMP: Años perdidos por muerte prematura

Las asociaciones entre mejor democracia y los indicadores de salud, se identificaron con signos negativos altos en sus coeficientes en México y casi todos tuvieron "r²" elevada que explica altas varianzas para la influencia de la variable social, la democracia. En Chile esas asociaciones fueron casi nulas (Tabla 3).

Tabla 3. Asociaciones entre el Índice democrático y los indicadores de daño estudiados. México Chile 2000-2016

		México				Chile			
		Media	DE	Coef. r	r ²	Media	DE	Coef. r	r ²
Mortalidad	Ambos	478.36	25.79	-0.90	0.82	555.66	20.23	-0.08	0.01
	Mujer	420.11	22.73	-0.90	0.82	513.69	22.45	-0.07	0.00
	Hombre	537.09	29.4	-0.89	0.79	599.61	18.42	-0.06	0.003
*AVISAS	Ambos	23293	246.98	0.34	0.12	22874	181.65	-0.10	0.10
	Mujer	20678	241.5	0.57	0.32	21227	242.46	-0.02	0.001
	Hombre	25935	332.16	0.10	0.01	24565	210.1	0.01	0
*AVD	Ambos	8714	346.92	-0.94	0.88	11197	266.51	-0.06	0.004
	Mujer	9211	365.36	-0.94	0.88	12064	271.45	-0.08	0.006
	Hombre	8211	329.34	-0.94	0.89	10306	262.26	-0.04	0.001
*APMP	Ambos	14579	491.55	0.84	0.7	11675	237.67	-0.01	0.001
	Mujer	11467	548.37	0.87	0.76	9161	138.94	-0.12	0.01
	Hombre	17724	490.61	0.70	0.49	14252	357.33	-0.02	0.02

Fuentes IDD-Lat. 2016, y <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/#Tasas por 100000>

AVISAS: Años de vida perdidos ajustados a discapacidad

AVD: años vividos con discapacidad

APMP: Años perdidos por muerte prematura

DE: desviación estándar

Las asociaciones de esperanza de vida y de esperanza de vida saludables fueron negativas en México y positivas en Chile, y no significativas estadísticamente. (Tabla 4).

Tabla 4. Asociaciones entre los indicadores salud con los Índices de desarrollo democrático. México y Chile 2002 a 2016.

Indicador	Sexo	México				Chile			
		Media	Diferencia	Coef. r	r ²	Media	Diferencia	Coef. r	r ²
Esperanza de vida	Ambos	75.55	1.49	-0.72	0.52	79.12	2.62	0.44	0.20
	Mujer	78.43	1.49	-0.60	0.36	81.97	2.56	0.45	0.20
	Hombre	73.95	-1.45	0.64	0.41	76.15	2.58	0.44	0.19
Esperanza de vida saludable	Ambos	66.41	1.25	-0.73	0.53	68.8	2.29	0.45	0.20
	Mujer	68.38	1.21	-0.72	0.52	70.62	2.27	0.46	0.21
	Hombre	64.44	1.35	-0.72	0.51	66.89	2.3	0.44	0.19

Fuentes IDD-Lat. 2016, y <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/#Tasas por 100000>



Tabla 5. Indicador resumen "Z" de las asociaciones entre los daños a la salud e índice de desempeño democrático México y Chile 2002 a 2016.

Indicador	Valor	México			Chile			R ²
		Z	Correlación	R ²	Valor	Z	Correlación	
Mortalidad	Máximo	1.47	Fuerte	0.81	Nula	0.07	Nula	0.005
AVISAS	Pobre	0.35	Pequeña	0.15	Nula	0.085	Nula	0.012
AVD	Máximo	1.73	Fuerte	0.88	Nula	0.065	Nula	0.004
APMP	Máximo	1.09	Moderada	0.65	Nula	0.035	Nula	0.005
EV	Medio	0.549	Moderada	0.6	Nula	-0.045	Nula	0.002
EVS	Máximo	1.52	Fuerte	0.83	Nula	0.03	Nula	0.001

Fuentes IDD-Lat. 2016, y <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/#Tasas por 100000>

AVISAS: Años de vida perdidos ajustados a discapacidad.

AVD: años vividos con discapacidad.

APMP: Años perdidos por muerte prematura.

DE: desviación estándar.

El indicador resumen "Z", muestra para México que en todas las variables hubo asociación de mayor daño de la salud con menor democracia, mismas que fluctúan de una media a una máxima correlación, a diferencia con Chile donde se observa una mínima relación entre sus variables para este país con mejor experiencia democrática. (Tabla 5).

DISCUSIÓN

Empíricamente se observa que la democracia y la calidad de vida se conjugan entre sí dando por resultado, una mejor o peor salud de las poblaciones. Estudios recientes han encontrado asociaciones entre mejores niveles de salud y una mejor democracia en los países [13]. Se ha publicado recientemente mejoría de los indicadores de salud en adultos de países donde ocurren elecciones libres, justas y con experiencias democráticas virtuosas donde se han observado menores tasas de mortalidad por enfermedades cardiovasculares y lesiones del transporte. Trabajos recientes concluyen que hay relación entre buena gobernabilidad democrática y disminución de la



mortalidad cardiovascular, por accidentes de tránsito y aumento del gasto público en salud [14].

Los datos obtenidos contribuyen a las aseveraciones anteriores de que, entre los países, una democracia débil, disfuncional se asocia a condiciones de salud también deficientes, como ocurre en México [15].

En este estudio las asociaciones que se observan son importantes en la discapacidad, la esperanza de vida y la muerte prematura comparando estos países con diferentes niveles de democracia. Son intensas las asociaciones entre daños a la salud y el bajo nivel de democracia que se presentaron en México y que fueron mínimos en Chile, lo que permite aceptar que la democracia importa mucho para mejorar la salud, reconociendo así el reto de continuar estos trabajos [16]. Esto nos lleva a proponer la hipótesis de que habrá mejores indicadores de salud en las colectividades que tengan y obtengan niveles superiores de democracia y nos guía a que deben seguirse realizando más trabajos sobre estos temas con diseños y análisis de mayor fortaleza [17].

En el proceso salud enfermedad poblacional es común la presencia de requerimientos públicos y privados en conflicto, mismos que con el accionar democrático pueden ser zanjados y eso muestra la importancia de la democracia





para la salud. La salud pública tutela el bien común lo que fortalece el bienestar, pero a veces afecta prácticas económicas y es ahí donde los gobiernos intervienen para conciliar. La democracia pueden ser el instrumento para prevenir esos conflictos y daños [18]. Actualmente los principales riesgos y causas de enfermedad son sociales como la alimentación inadecuada, la inactividad física, el consumo excesivo de sodio, alcohol y drogas, el uso de tabaco, la conducción temeraria de vehículos, la obesidad y otras condiciones que están fuera del control de los sistemas de salud por lo que se sugiere que se amplíe la influencia de la salud pública y del sistema democrático para regular los factores de riesgo y los determinantes de la enfermedad, más aún, que varios de ellos son transnacionales [19]. Una gobernanza democrática en cada país y en el ámbito mundial, es requerida en conjunto con el conocimiento científico, para enfrentar las actuales epidemias de obesidad, hiperlipidemias, adicciones, etc.

Estudios socio médicos han propuesto el término “sindemia”, que se refiere al paralelismo y sinergia de epidemias debido a fenómenos sociales globales que hacen confluencia en las poblaciones incrementando riesgo y daño a la salud. Factores comunes para contrarrestar la sindemia actual de enfermedades



crónico-degenerativas y enfermedades infecciosas son la democracia y la gobernanza como herramientas sociales para la participación, regulación, educación para la salud, investigación de sistemas de atención, para la prevención y atención de dichas enfermedades [20]. Actualmente hay condiciones históricas peculiares que han puesto en entredicho a la democracia. El paternalismo, populismo y clientelismo afectan al dialogo democrático, que en salud es muy importante.

Este trabajo tiene debilidades a considerar como son, el uso de datos estadísticos secundarios, el uso de medidas promedio y las técnicas estadísticas utilizadas. Si bien cada vez son mejores los métodos de estimación, lo óptimo es contar con los datos originales y específicos para los trabajos de investigación en general, porque con el uso de datos estadísticos secundarios se reproducen e incluso se incrementan las inconsistencias de las fuentes primarias, el uso de medidas promedio no expresan el comportamiento de las desigualdades y diferencias que tienen a su interior los países estudiados y finalmente, la herramienta estadística usada da resultados del tipo de asociación que pueden ser solo casual y no causal.

No obstante, lo anterior, el diseño comparativo fortalece la metodología, El método comparado en los estudios de sistemas de salud, otorga perspectivas que permiten analizar el propio sistema de salud desde otras visiones y genera argumentos para analizar las posibilidades y potencialidades de mejorar la salud de la población y su calidad de vida, debido al desempeño de sus sistemas de salud. Los sistemas de salud en América Latina son muy disímboles por aspectos ideológicos, por avances o retrocesos en administración y gestión, por giros de populismo o democracia de la autoridad sanitaria, pero al observar los ránquines de calidad y esperanza de vida sobresale que estados fuertes democráticamente, tienen más y mejor salud [21] así que continuar con estudios donde la variable democracia esté presente nos mostrará los contrastes que habrá de atender para incrementar la calidad y cantidad de salud en las regiones.



CONCLUSIÓN

La salud es resultado de prácticas sociales que, si son virtuosas, se espera resulten en mejor salud poblacional. Lo opuesto, prácticas sociales no democráticas nocivas generan daños a la salud. Esto se esboza en los resultados de esta contribución. El término democracia, sus variadas interpretaciones y la definición de sus componentes e indicadores dificultaban su estudio, pero los trabajos y herramientas para caracterizarla actualmente tienen avances. Se ha mejorado en la obtención de análisis y al acercamiento a resultados útiles para continuar estos estudios. Se identificaron asociaciones entre la prevalencia de daños a la salud con una democracia débil. Se deben continuar los trabajos para estudiar que dimensiones de la democracia pueden mejorar las prácticas sociales y con ellos, las de los sistemas de salud, mientras es recomendable que trabajemos en la práctica democrática y en mejorar los sistemas de salud, con la premisa de que la democracia trabaja y vigila el bien común y que la salud pública también, por lo que juntas, pueden llevar a hacer realidad efectiva el derecho a la salud universal.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Educatina (2013, Sep 17). *Videos en Ciencias Políticas* [online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=EO2EW3QESic>
- [2] J. Frenk, *La Salud de la Población: Hacia una Nueva Salud Pública* 1ª 3ª. ed. México FCE;1997
- [3] A Franco, C. A-Dardet, Ruiz MT. "Effect of democracy on health: ecological study". *BMJ*. vol. 329, no 7480 pp 1421-1423, Dic 2004
- [4] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, "Estudios de la OCDE sobre los Sistemas de Salud: México": Informe. Paris. 2016 <https://doi.org/10.1787/9789264265523-es>.
- [5] G.-S. S.-d. I. P. R. B. D. Gutiérrez JP, "Desigualdad en indicadores de enfermedades crónicas y su atención en adultos en México" *Salud Pública de México*, vol. 58, pp. 666-675, 2016.
- [6] O.M.L. Salud «Reducir las inequidades sanitarias, actuando sobre los determinantes de la salud.»OMS. Ginebra Suiza. Informe. WHA62.14, 22 de mayo 2009. [en línea] Disponible en: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/A62/A62_R14-sp.pdf
- [7] W.B Group "Search and Share Development Data" The World Bank. Working for a World Free of Poverty. Available. <https://datacatalog.worldbank.org/>

- [8] I.D.AL."Índice de Desarrollo democrático de América Latina" Polilat, Argentina. Informe. IDD-Lat.2016.
- [9] K. B. N. S. N. D. P. D. Mendenhall E, «Non-communicable disease syndemics: poverty, depression, and diabetes among low-income populations.» *The Lancet*, vol. 389, nº 10072, pp. 951-963.2017.
- [10] Polilat. "Índice de Desarrollo Democrático de América Latina": Fundación Konrad Adenauer. Buenos Aires, Argentina. Informe. 2016. En línea: <http://iddlat.org/2016/informes/2016/index.html>
- [11] L. R. et al., "La carga de enfermedad, lesiones, factores de riesgo y desafíos para el sistema de salud en México". *Salud Pública de México* [S.I.], [1]v. 55, n. 6, p. 580-594, nov. 2013. ISSN 1606-7916. de :<<http://www.saludpublica.mx/index.ph>
- [12] NM. Downie, RW. Heat Métodos *Estadísticos Aplicados*. 1973, México HARLA. 7ª ed.1979
- [13] T. Bollyky, et al. "The relationships between democratic experience, adult health, and cause-specific mortality": *The Lancet*: Vol 393;1628-1640. 20;393(10181):1628-1640. 2019 14 de marzo. Disponible en doi: 10.1016/S0140-6736(19)30235-1 (consulta 4 marzo 2019).
- [14] Lancet C. "Global Syndemic" *The Lancet Report The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change*:Vol. 393, issue 10173, p791-846, february 23, 2019.T Published:January 27. (consulta 3 marzo 2019). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32822-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8)
- [15] M. L. Fuentes, «Las muertes que no deben ser. Natalidad y mortalidad en México,» *Estudios Sociológicos*, vol. 37, nº 111, pp. 803-808, 2019.
- [16] C.P.S.N.R.S.y.L.T.L.Kahn, «Endocrine-disrupting chemicals: implications for human health,» *The Lancet Diabetes and Endocrinology*, vol. 8, nº 8, pp. 703-718, 2020.
- [17] MJ. Christopher et al., 14 sept 2017 "Mortalidad mundial, regional y nacional de menores de 5 años, mortalidad de adultos, mortalidad específica por edad y esperanza de vida, 1970-2016: un análisis sistemático para el Estudio sobre la Carga Mundial de Enfermedades 2016." Available: <http://www.healthmetricsandevaluation.org/gbd>
- [18] Grupo de trabajo de la tabla de riesgo de ECV de la OMS "Gráficos de riesgo de enfermedad cardiovascular de la Organización Mundial de la Salud: modelos revisados para estimar el riesgo en 21 regiones del mundo". *The Lancet Global Health*.Informe 2 de septiembre de 2019. vol. 10, pp. 1332-e1345, 2019. doi: 10.1016 / S2214-109X (19) 30318-3.
- [19] N.Dde. Jose and C.Leonardo. Democracia, Saúde e a 16ª Conferência Nacional de Saúde: ¿qual futuro? *Cad. Saúde Pública* [online]. 2019, vol.35, n.12, 2019. e00188719. Available from:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102311X2019001400301&lng=en&nrm=iso>. Epub Nov 28, 2019. ISSN 1678-4464. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00188719>.
- [20] L. S. Fernando, «Perspectivas bioéticas en un mundo en pandemia,» *Acta bioeth*, vol. 26, nº 1, pp. 7-8, 2020.
- [21] C. C. A. y. F. Andrea., «Performativizar la Democracia: Salud y enfermedad como espacios de acción política entre los aymaras del norte de Chile,» *Diálogo Andino [online]*, nº 62, pp. pp.31-40., Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S071926812020000200031&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0719-2681. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-2681202000020003>

Cómo citar este artículo:

Ponce Serrano, S. (2021). DEMOCRACIA Y SALUD, SU ASOCIACIÓN EN DOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA. *EPISTEMUS*, 14(29). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.151>

ANÁLISIS DE RIESGOS PSICOSOCIALES EN UNA EMPRESA DE SOFTWARE DURANTE LA COVID-19

Psychosocial risk analysis in a software outsourcing company during covid-19

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Edna Baquera Varillas ¹
Jesús Pacheco ²
Jaime León-Duarte ³

Recibido: 08/06/2021

Aceptado: 19/07/2021

Publicado: 12/08/2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/10.36790/epistemus.v14i29.157>

Autor de Correspondencia:
Edna Baquera Varillas
Correo: a211200220@unison.mx

Resumen

Este trabajo se enfoca en determinar los riesgos psicosociales existentes en la industria de software mexicana, encontrándose en teletrabajo debido a la contingencia de COVID-19. Se basó en el cuestionario de la regulación NOM-035-STPS-2018 en una muestra de 183 empleados. Se buscó definir el origen de los riesgos de las relaciones que tiene el empleado en esquemas de outsourcing. Este estudio se realizó con un análisis factorial exploratorio observando que la relación que mantiene el empleado con la empresa recae en gran medida en el liderazgo que recibe. La relación con el cliente se favorece con un mayor nivel de control sobre sus actividades y se perjudica por largas jornadas laborales. Se aporta una visión de esta industria con clientes extranjeros al descubrir los riesgos con los que cuentan, la complejidad de las relaciones laborales y dejando en claro lo que se debe asegurar para mantener la satisfacción laboral.

Palabras clave: COVID-19, TI, riesgos psicosociales, teletrabajo.

Abstract

This work determines the psychosocial risks existing in the Mexican software industry, currently teleworking due to the COVID-19 contingency. It is based on the questionnaire in the norm NOM-035-STPS-2018 using a sample of 183 employees. Looking to define the origin of the risks in the relationships that employees have in outsourcing schemes. This study was carried out with an exploratory factor analysis, observing that the relationship the employee maintains with the company relies largely on the received leadership. The relationship with the client is favored by a higher level of control over their activities and is harmed by long working hours. This work provides a vision of the industry with foreign clients, discovering the risks they have, the complexity of workplace relations and identifying what must be ensured to maintain job satisfaction.

Keywords: COVID-19, IT, psychosocial risk, telework.

¹ Ingeniera. Edna Gabriela Baquera Varillas, Universidad de Sonora. Correo: a211200220@unison.mx

² Doctor. Jesús Horacio Pacheco Ramírez, Universidad de Sonora. Correo: jesus.pacheco@unison.mx

³ Doctor. Jaime Alfonso León Duarte, Universidad de Sonora. Correo: jaime.leon@unison.mx



INTRODUCCIÓN

Los trabajadores mexicanos son expuestos a distintas situaciones laborales que pueden comprometer su salud física y psicológica; estas situaciones, llamadas factores de riesgo psicosocial, no suelen ser propiamente identificadas y pueden tener afectaciones al trabajador como en su desempeño laboral, entorno social y salud pública. Este trabajo se enfoca en la industria de las tecnologías de la información (TI), la cual tiene un gran índice de rotación de personal debido en parte al gran mercado laboral con el que cuentan, y también por burnout o síndrome de sobre agotamiento emocional debido a cargas crónicas de estrés (Moore, 2000). Algunas empresas de TI utilizan modelos de subcontratación o outsourcing. Estos modelos enfrentan retos como la amenaza de oportunismo por parte de la competencia, pérdida de conocimiento organizacional por alta rotación, contratos restrictivos, resistencia interna, baja moral y bajo desempeño (Varajão et al., 2017). Por el lado individual, investigaciones han descrito que estos empleados sienten molestias por falta de control sobre su trabajo, cuando las decisiones provienen de una gerencia ajena (Akomolafe, 2018). También las diferencias culturales con sus clientes, en las TI, pueden traer consigo conflictos sobre expectativas de diseño y funcionalidades del producto (Padma et al., 2015).

Además, el bienestar de los trabajadores actualmente se ve afectado por el impacto de la pandemia de COVID-19 (WHO, 2020). Lo que ha obligado a múltiples gobiernos a imponer restricciones a la movilidad de los ciudadanos y medidas de distanciamiento social con el fin de mitigar su propagación (Dawson y Golijani-Moghaddam, 2020), las cuales están relacionadas con el estrés psicológico, pudiendo ocasionar casos de depresión (Gordon, 2020). Aunado a esto, la pandemia ha traído incertidumbre financiera reflejándose como temor de los trabajadores a perder su empleo o de posibles oportunidades de desarrollo laboral (Baert et al., 2020).



En México recientemente se estableció la NOM-035-STPS-2018 en el Diario Oficial de la Federación (STPS, 2018) la cual estudia condiciones del ambiente en los centros de trabajo mexicanos y posibles riesgos psicosociales. Esta norma cuenta con reactivos que estudian diez variables, como se ve en la tabla 1. La variable de la carga mental en el trabajo en los empleados mide los requerimientos cognitivos que necesitan alta actividad mental (Gallardo Gallardo et al., 2019). La variable de falta de control sobre el trabajo evalúa la sensación de control del empleado sobre sus actividades laborales y la satisfacción que éstas le traen (Butt et al., 2019). Las largas jornadas laborales también se consideran como variable dentro de esta regulación, pues se observa que el trabajar más, o menos, de las horas deseadas puede tener afectaciones sobre la salud mental (Miranti y Li, 2020). Por otra parte, la falta de control de tiempo en el trabajo tiene consecuencias negativas en las relaciones laborales, como se ha podido observar en los casos de conflicto vida-trabajo y como estos conflictos se asocian negativamente a la satisfacción laboral y personal (Inegbedion et al., 2020). Otra variable es la violencia laboral, ésta puede presentarse como bullying o intimidación, donde los empleados son agredidos constantemente de manera psicológica o física, haciendo que se sientan constantemente atacados y con estrés (Tracy et al., 2006). El modelo de teletrabajo traído por el COVID-19 ha agravado la situación del acoso cibernético en empleados (Iida et al., 2021). Respecto a la interferencia trabajo-familia, la literatura contempla múltiples situaciones en las que los modelos de trabajo causan conflicto con la vida personal (Piotrowski et al., 2020). Otro factor que ocasiona afectaciones en el balance vida-trabajo son las políticas de confinamiento por COVID-19, ocasionando estrés principalmente en empleados con hijos en casa (Craig y Churchill, 2020).



Tabla 1. Extracto de la evaluación de variables de la NOM-035-STPS-2018.

Variables	Dimensiones de evaluación
Condiciones en el ambiente de trabajo	Condiciones peligrosas, deficientes o insalubres. Trabajos peligrosos
Carga de trabajo	Tipos de cargas: cuantitativas, mentales, psicológicas emocionales, de alta responsabilidad, contradictorias o inconsistentes. Ritmos de trabajo acelerados.
Control sobre el trabajo	Control y autonomía sobre el trabajo, posibilidad de desarrollo y capacitación. Participación y manejo del cambio.
Jornada de trabajo	Jornadas de trabajo extensas
Interferencia en la relación trabajo - familia	Influencia del trabajo fuera del centro laboral y de las responsabilidades familiares
Liderazgo	Escasa claridad de funciones y características del liderazgo
Relaciones en el trabajo	Relaciones sociales en el trabajo, deficiente relación con los colaboradores que supervisa
Violencia	Violencia laboral
Reconocimiento del desempeño	Retroalimentación del desempeño, reconocimiento y compensación.
Insuficiente sentido de pertenencia, inestabilidad	Limitado sentido de pertenencia e inestabilidad laboral.

Este estudio se realizó en una empresa de desarrollo de software con modalidad de outsourcing con cinco sucursales en México. La empresa cuenta con horarios flexibles y modelos de autoadministración, los cuales han tenido antecedentes de conflictos con clientes, quienes en ocasiones esperan que el personal trabaje con horarios fijos y constante disponibilidad. El personal puede experimentar expectativas conflictivas entre la empresa y los clientes, tales como reglas de comunicación, días feriados y distintas perspectivas sobre libertad laboral. Por esto la empresa desea identificar y ubicar el origen de los riesgos psicosociales.

En este contexto, la presente investigación analiza los riesgos psicosociales basándose en la Normativa NOM-035-STPS-2018. Este estudio utiliza análisis factorial exploratorio para reducir la información obtenida. A continuación, se ofrece la descripción de la metodología y modelos empleados, seguido por los resultados obtenidos y finalizando con conclusiones y trabajos futuros.

METODOLOGÍA

Esta investigación partió de la herramienta de la NOM-035-STPS-2018, la cual es una encuesta de 72 reactivos.

Datos de muestra

Esta investigación consideró una población de 350 empleados operativos, 85% hombres (299) y 15% mujeres (51). Se eligió una muestra utilizando la ecuación propuesta por la NOM-035-STPS-2018, obteniendo 183 empleados, respetando la proporción de sexo como se muestra en la tabla 2. Del resultado, las antigüedades promedio son 5.13 y 2.81 años para mujeres y hombres respectivamente. Esta información fue proporcionada **por la empresa**.

Tabla 2. Relación de empleados por sexo y origen.

Sexo / Ciudad	Chihuahua	Hermosillo	Ciudad de México	Mérida	San Luis Potosí	Remoto	Total
Mujeres	9	14	2	0	1	1	27
Hombres	26	52	44	30	4	0	156
Total	35	66	46	30	5	1	183



Aplicación del instrumento

La aplicación fue remota dada la situación por COVID-19. La empresa optó por desarrollar un bot conversacional en la plataforma de comunicación interna Slack que permitió al personal contestar desde su computadora de trabajo o su teléfono celular.



Figura 1. Captura de pantalla de Slack.

Al inicio de la actividad se informó a los participantes el propósito de la investigación mediante una charla informativa y una publicación en el portal de comunicación interno. La actividad se realizó enviando una única encuesta a todos los empleados operativos, quienes podían optar en no participar. En el caso de participar, el personal podía



responder a su propio ritmo. Para proteger la privacidad se aseguró confidencialidad de respuestas al inicio de la encuesta.

Uso de la herramienta

Las diez variables de evaluación se categorizaron por su origen con ayuda de la empresa; si proviene de la relación con la empresa o por la relación con su cliente y si las relaciones se consideran positivas (+) o negativas (-) como se observa en la figura 2.

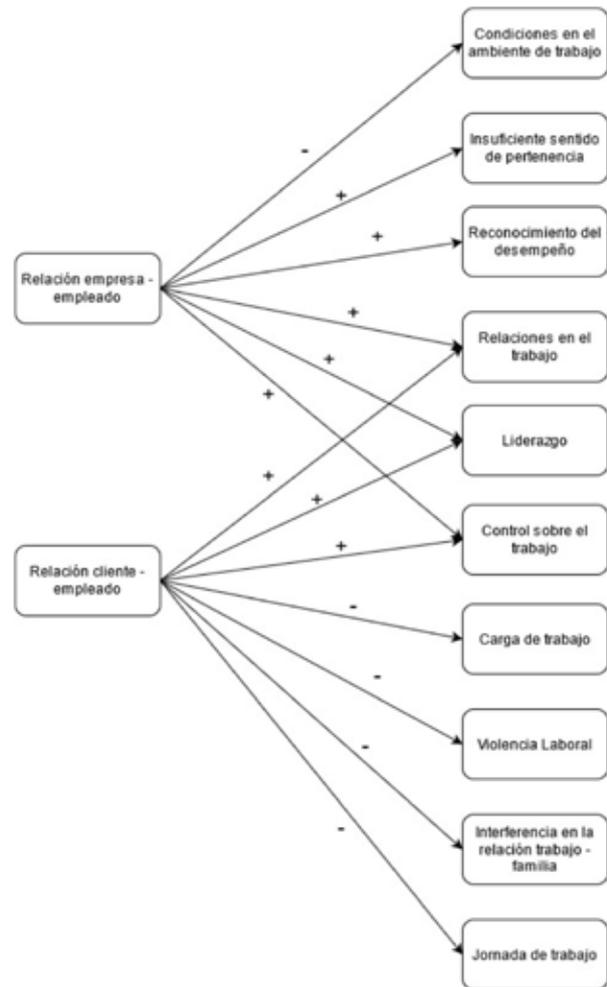


Figura 2. Modelo de relación de variables a evaluar según su origen.

Por petición de la empresa, algunos reactivos dirigidos hacia las dos relaciones se realizaron dos veces para capturar su origen, sumando un total de 90 preguntas aplicadas. Las preguntas se evaluaron en una escala de Likert de 5 puntos, desde "Nunca" hasta "Siempre".

Análisis de datos

Posterior a la aplicación se midió el alfa de Cronbach por variable, comprobando su confiabilidad estadística (Tavakol y Dennick, 2011). Después, se procedió con



Este análisis muestra qué variables tienen un mayor impacto en las percepciones del empleado sobre sus relaciones laborales, observado en la figura 3. En la relación empresa-empleado, las variables se reúnen en un solo factor positivo contando con una mayor carga en liderazgo y reconocimiento al desempeño. Estos indican que la percepción general se mantiene positiva respecto al liderazgo que reciben por la empresa, al igual que el reconocimiento a su desempeño. La variable con menor peso contempla las condiciones físicas en el ambiente de trabajo, indicando una relación negativa de baja afectación. Esto puede estar relacionado a las condiciones en las que la laboran actualmente, ya que al trabajar desde casa se generan molestias físicas por el uso de equipo no adecuado aumenta el riesgo de lesiones (Gerding et al., 2021).

Por otra parte, en la relación con su cliente, se observan dos factores que explican el 64.22% de la varianza total. El factor 1-C recolecta las variables que muestran relación negativa con el empleado, obteniendo mayor ponderación en aquellas que representan la percepción sobre su jornada laboral y el balance en la relación trabajo-familia. Mostrando que la relación del empleado con su cliente genera una imagen negativa sobre su jornada. La variable relativa al balance trabajo-familia muestra afectaciones entre la vida laboral y familiar del personal. El factor 2-C contiene las variables positivas relativas al cliente, observando un mayor peso factorial correspondiente al control que tiene el personal en el trabajo que realiza. La siguiente con mayor ponderación fue la que se refiere al liderazgo en los equipos de trabajo dentro de su cliente. Cada equipo de trabajo está conformado por miembros de la misma compañía o del cliente, donde la empresa ejerce poca autoridad sobre las actividades. Los resultados muestran que los empleados mantienen una actitud positiva sobre el liderazgo interno ejercido.



Figura 3. Variables ponderadas resultado del análisis factorial.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este estudio cumplió con el objetivo de identificar las variables que pueden representar un riesgo psicosocial en la empresa o con cliente donde se obtuvieron un total de tres factores. El factor 1-E expresa una perspectiva positiva de la plantilla hacia su empresa, siendo las variables de liderazgo y reconocimiento al desempeño las que más lo representan. El factor 1-C muestra la perspectiva negativa de la relación del personal con su cliente, la cual se define con largas jornadas laborales y afectaciones a la relación trabajo-familia. Esto podría estar relacionado al conflicto de expectativas experimentadas por el personal de outsourcing, como sugiere la literatura (Ananya et al., 2019). El factor 2-C representa actitudes positivas de los empleados a su trabajo realizado con el cliente y se define por el grado de control que sienten en su trabajo.

La empresa donde se realizó el estudio cuenta con horarios flexibles, como suele ser el caso de varias empresas de TI (Rodríguez et al., 2018), mostrando una mayor satisfacción laboral (Davitkovski et al., 2020) lo cual se refuerza en esta investigación. Por otra parte, la literatura sostiene que la pandemia de COVID-19 afectó negativamente el balance vida-trabajo, coincidiendo con

los resultados de este artículo; los empleados percibieron un impacto negativo en sus relaciones familiares debido a su labor, demostrando que este fenómeno se observa en el teletrabajo de empleados mexicanos bajo confinamiento.

Esta investigación aporta una visión de la industria de software mexicana con clientes extranjeros, al descubrir los riesgos con los que cuentan en esta industria y la complejidad de las relaciones con las que cuenta el personal. El análisis demuestra las necesidades del personal respecto a la doble relación laboral que llevan, dejando en claro a la compañía lo que debe asegurar para que éstos se mantengan satisfechos al momento de trabajar con su cliente y lo que se necesita mantener para que los empleados sigan cómodos dentro de la empresa.

La investigación arrojó altos índices de satisfacción laboral y control sobre su trabajo, seguidos por falta de control sobre su jornada, lo cual da entrada a investigaciones sobre el futuro de las empresas flexibles en el ambiente laboral mexicano. Entre las limitaciones de este estudio, se encontró que la encuesta NOM-035-STPS-2018 a pesar de ser una herramienta normativa para los centros de trabajo mexicanos, no es la más adecuada para las TI, por la naturaleza del outsourcing.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Akomolafe, O. O. 2018. The Effects of Outsourcing on the Psychological Contract of Survivor Employees: The Case of UK Real Estate Sector. Ph. D. dissertation. London Metropolitan University.
- [2] Ananya, B., Priya, V. V. y Gayathri, R. 2019. 'Stress and health problems among information technology professionals'. *Drug Invention Today*, 12(7): 1336–1338.
- [3] Baert, S., Lippens, L., Moens, E., Sterkens, P. y Weytjens, J. 2020. 'How Do We Think the COVID-19 Crisis Will Affect Our Careers (If Any Remain)?'. Working Papers of Faculty of Economics and Business Administration, Ghent University, Belgium.
- [4] Bharathi, S. V. y Mala, E. P. 2016. 'A study on the determinants of work-Life balance of women employees in information technology companies in India'. *Global Business Review*: 665–683.
- [5] Butt, R. S., Altaf, S., Chohan, I. M. y Ashraf, S. F. 2019. Analyzing the role of quality of work life and happiness at work on employees job satisfaction with the moderation of job stress, empirical research of jiangsu university. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(10): 1905–1915.
- [6] Craig, L. y Churchill, B. 2020. 'Dual-earner parent couples' work and care during COVID-19'. *Gender, Work and Organization*, (June): pp. 1–14.
- [7] Davitkovski, M., Sarkanjac, S. J. y Sarkanjac, B. 2020. 'The effects of flexible work in the IT industry', in 17th International Conference on Informatics and Information Technologies - CIIT 2020. Ss Cyril and Methodius University in Skopje: pp. 0–5.
- [8] Dawson, D. L. y Golijani-Moghaddam, N. 2020. 'COVID-19: Psychological Flexibility, Coping, Mental Health, and Wellbeing in the UK during the pandemic'. *Journal of Contextual Behavioral Science*. Elsevier Inc., 17(July): 126–134.
- [9] Gallardo Gallardo, I., Herran Peñafiel, J. y Carrera Viver, G. 2019. 'Carga Mental Y Desempeño Laboral En Los Trabajadores De Una Empresa Industrial'. *Retos de la Ciencia*, 3(1): 26–44.
- [10] Gerding, T., Syck, M., Daniel, D., Naylor, J., Kotowski, S. E.,

Gillespie, G. L., Freeman, A. M., Huston, T. R. y Davis, K. G. 2021. 'An assessment of ergonomic issues in the home offices of university employees sent home due to the COVID-19 pandemic'. *Work*, 68: 1–12.

- [11] Gordon, S. F. 2020. "El COVID-19 y la salud mental: ¿cuáles son las consecuencias?." *Psicología Iberoamericana*, Vol. 28, núm.1. [Consultado: 12 de Junio de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=133963198003>.
- [12] Iida, M., Sasaki, N., Kuroda, R., Tsuno, K. y Kawakami, N. 2021. 'Increased COVID-19-related workplace bullying during its outbreak: a 2-month prospective cohort study of full-time employees in Japan'. *Environmental and Occupational Health Practice*: 1–11.
- [13] Inegbedion, H., Inegbedion, E., Peter, A. y Harry, L. 2020. 'Perception of workload balance and employee job satisfaction in work organisations'. *Heliyon*. Elsevier Ltd, 6(1): e03160.
- [14] Lipovetsky, S. 2017. 'Factor analysis by limited scales: Which factors to analyze?'. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 16(1): 233–245.
- [15] Miranti, R. y Li, J. 2020. 'Working hours mismatch, job strain and mental health among mature age workers in Australia'. *Journal of the Economics of Ageing*. Elsevier, 15(November 2019): 100227.
- [16] Moore, J. E. 2000. 'One road to turnover: An examination of work exhaustion in technology professionals'. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 24(1): 141–168.
- [17] Osborne, J., Osborne, J. W., Costello, A. B. y Kellow, J. T. 2011. *Best Practices in Exploratory Factor Analysis*. Best Practices in Quantitative Methods: 86–99.
- [18] Padma, V., Anand, N. N., Gurukul, S. M. G. S., Javid, S. M. A. S. M., Prasad, A. y Arun, S. 2015. 'Health problems and stress in Information Technology and Business Process Outsourcing employees'. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 7(April), pp. S9–S13.
- [19] Piotrowski, A., Eldridge, E., Jurek, P. y Olech, M. 2020. 'Lack of control over work and organizational citizenship behavior: overwork climate as a suppressor variable'. *Health Psychology Report*: 1–8.
- [20] Rodríguez, M. C., Dabos, G. E. y Rivero, A. G. 2018. 'Implementing work-life balance policies in SMEs: A multiple case study in the software industry'. *Estudios Gerenciales*, 34(147): 172–189.
- [21] STPS, 2018. DOF: 23/10/2018 Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención. Rept. STPS 23/10/2018, Ciudad de México.
- [22] Tavakol, M. y Dennick, R. 2011. 'Making sense of Cronbach's alpha'. *International journal of medical education*, 2: 53–55.
- [23] Tracy, S. J., Lutgen-sandvik, P. y Alberts, J. K. 2006. 'Nightmares, Demons, and Slaves: Exploring the Painful Metaphors of Workplace Bullying'. *Management Communication Quarterly*, 20(2): 148–185.
- [24] Varajão, J., Cruz-Cunha, M. M. y Da Glória Fraga, M. 2017. 'IT/IS Outsourcing in Large Companies - Motivations and Risks'. *Procedia Computer Science*. Elsevier B.V., 121: 1047–1061.
- [25] WHO. 2020. WHO announces COVID-19 outbreak a pandemic (12th March 2020). [Consultado el 13 de marzo de 2021] Disponible en: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/news/news/2020/3/who-announces-covid-19-outbreak-a-pandemic>.

Cómo citar este artículo:

Baquera, E., Pacheco, J., y León-Duarte, J. (2021). ANÁLISIS DE RIESGOS PSICOSOCIALES EN UNA EMPRESA DE SOFTWARE DURANTE LA COVID-19. *EPISTEMUS*, 14(29). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.157>

APLICACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIOS EN UN PROYECTO EMPRESARIAL DE RUTAS DE VEHÍCULOS

Application of multicriteria methods in a vehicle routing problem management project

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Pedro Leonardo Rodríguez Quintana ¹

Lucía Argüelles Cortés ²

Gonzalo Palencia Fernández ³

Recibido: 08/01/2021

Aceptado: 15/06/2021

Publicado: 13/09/2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.123>

Autor de Correspondencia:

Pedro Leonardo Rodríguez Quintana
perquintana@uclv.cu

Resumen

Para la toma de decisiones tradicionalmente se han empleado técnicas clásicas de Optimización. Desde el punto de vista práctico, estas técnicas poseen carencias en su modelación desde las perspectivas de los decisores, dadas por la imposibilidad de considerar todo tipo de restricciones de la vida real, lo que hace difícil la tarea de diseñar rutas de vehículos a empresas sin experiencia en esta tarea. Por esto se han generado paradigmas diferentes: la Modelización Multicriterio, que puede considerar preferencias del centro decisor, y la Optimización Difusa, que incorpora a la modelación la incertidumbre inherente a las características del problema. El presente modelo matemático se resuelve mediante varios posibles enfoques y se consideran tres criterios: el número de rutas empleadas, la distancia total recorrida y la distribución de personas transportadas. Aplicando el método CRITIC se pudo explicar a la empresa el criterio más importante que debe ser considerado al seleccionar la solución.

Palabras clave: problema de rutas de vehículos, restricciones difusas, algoritmo de Clarke & Wright, método CRITIC.

Abstract

Classic optimization techniques have been used in a traditional way for making decisions. From the practical point of view, these techniques are not completely satisfactory for the decision makers, because it is impossible to consider all type of real restrictions, so it is difficult to inexperienced companies to design routes of vehicles. For this reason different paradigms have been generated: by using Multicriteria Methods and Diffuse Optimization, which consider preferences and the inherent uncertainty of the problem. The mathematical model is solved by means of five possible focuses and it was considered three approaches: the number of used routes, the traveled total distance and the distribution of transported people. Applying the method CRITIC it could be explained to the company the most important criterion that should be considered when selecting the solution.

Keywords: vehicle routing problem, fuzzy constraints, Clarke and Wright Algorithm, method CRITIC.

¹ Licenciado en Matemática, Departamento de Matemática, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, perquintana@uclv.cu, <https://orcid.org/0000-0002-1585-1671>.

² Doctora en Ciencias Técnicas, Departamento de Matemática, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, largue@uclv.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0002-0898-2403>.

³ Máster en Matemática Aplicada, Departamento de Matemática, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, gonzalo@uclv.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0001-9711-6920>.

INTRODUCCIÓN

El objeto de estudio es un problema de rutas de vehículos (VRP) que considera la capacidad de los mismos como un conjunto difuso. Del modo en que se formuló el problema ningún método clásico de VRP podría adecuarse al problema real en cuestión. Esto suele ocurrir cuando las empresas comienzan a diseñar las rutas sin ningún precedente en este tipo de actividad.

Para resolver el problema se propone un método que combina la técnica heurística del algoritmo de los ahorros o de Clarke & Wright, con el enfoque paramétrico del criterio de Verdegay y se implementa como una función en el RStudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para tratar las componentes difusas del problema, se puede realizar un análisis similar al que Ebrahimnejad y Verdegay sugieren realizar a problemas de programación lineal con restricciones difusas en [1].

Existen distintos criterios de solución para resolver problemas de programación lineal con restricciones difusas (en [1] se halla un compendio de dichas técnicas), uno de ellos es el criterio de Verdegay, quien propone que la solución al problema difuso se puede determinar resolviendo el siguiente problema paramétrico:

$$\begin{aligned} & \text{Maximizar } \leftarrow z = CX \\ & \text{Sujeto a: } (AX)_i \leq b_i + (1 - \alpha)p_i, i = 1, 2, \dots, m \\ & X \geq 0 \text{ y } \alpha \in [0, 1] \end{aligned} \quad (1)$$

Rodríguez Quintana, Argüelles Cortés y Palencia Fernández explican desde el enfoque de la lógica difusa las transformaciones algebraicas que permiten obtener el problema (1) en [2]. Se señala que “si para el valor de $\alpha = 1$ se obtiene una solución óptima en el programa lineal (1), entonces para cualquier otro valor de α en el intervalo $[0, 1]$ se obtendrá también una solución óptima [2]”.



El método concebido por [2] para resolver un VRP con restricciones difusas combina una técnica heurística para resolver problemas clásicos de rutas de vehículos (el algoritmo de los ahorros o de Clarke & Wright), con el enfoque del criterio de Verdegay. Para la solución de problemas reales, el método ha sido implementado como una función del RStudio-1.0.143, que es un entorno de desarrollo integrado para el lenguaje de programación libre R.

El problema se resuelve para distintos valores de α empleando el algoritmo de Clarke & Wright, algoritmo descrito en [3], y una vez que se han buscado soluciones al problema, se han conseguido alternativas a considerar. Ello entonces genera un problema de toma de decisión, el cual consiste básicamente en decidir entre el grupo de alternativas obtenidas cuál es la más conveniente en función de cumplir ciertas metas o niveles de aspiración.

La determinación de la jerarquía de las distintas alternativas se realiza en función de una serie de criterios, los cuales se diseñan teniendo en cuenta otros elementos que no han considerado en la modelación matemática del problema.

Para aplicar un método multicriterio, se requieren transformaciones tales como la homogenización y la normalización. La homogenización se realiza para llevar todos los criterios de decisión a una misma escala (todos a minimizar o todos a maximizar). Marrero Delgado enuncia varias fórmulas para homogenizar en [4]. El propósito de la normalización es el de obtener escalas adimensionales, lo que permitirá realizar comparaciones entre atributos.

En un proceso de toma de decisiones, tras definir los criterios que inciden, es vital valorar el nivel de importancia entre ellos, o sea, es necesario ponderar dichos criterios. Existen diversos métodos de ponderación de criterios, como son:

- El Método de asignación directa por ratios.
- El Método de Diakoulaki, también conocido como método CRITIC.

El método de asignación directa es un método subjetivo, la técnica más sencilla de ponderación de criterios, ya





que en él lo único que se demanda al decisor es que ordene los criterios de mayor a menor importancia, de forma que después se da el mayor valor al primero y el menor valor al último.

El método CRITIC fue presentado en 1995 en la revista *Computers Operations Research* (vol 22, nº 7, pp. 763-777) según [5]. Su nombre es el acrónimo de *CR*iteria *Imp*ortance *Th*rough *I*ntercriteria *C*orrelation, y pondera cada criterio según la expresión:

$$w_j = s_j * \sum_{k \neq j} (1 - r_{jk}) \quad (2)$$

Donde w_j es la ponderación de la variable j , s_j es la desviación estándar de la variable j , r_{jk} es el coeficiente de correlación entre las variables correspondientes a los criterios j, k . La desviación estándar se obtiene de la fórmula:

$$s_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3)$$

donde x_i representa los datos numéricos de la columna j y \bar{x} la media aritmética de dichos valores.

La utilidad del Método CRITIC consiste en que el peso de un criterio es tanto mayor cuanto mayor sea su varianza o desviación típica y cuanto mayor información diferente a la de los otros criterios aporte (menor coeficiente de correlación entre columnas).

Modelo

El problema que se aborda es el de planificar las rutas de ómnibus más convenientes para transportar a los trabajadores de una empresa hacia su centro de trabajo, fijándose con antelación los puntos de recogida (paradas).

Se supondrán, además, las siguientes condiciones:

- A cada ómnibus de la empresa se le asocia una única ruta,
- cada parada de trabajadores es visitada una única vez por un ómnibus, y
- todas las rutas inician y finalizan en el centro de trabajo.

La función objetivo se diseñará de forma tal que se obtenga una distribución de rutas que minimice la suma de las distancias recorridas por cada vehículo.

La condición difusa del problema está relacionada con la capacidad de los vehículos, ya que no todos los vehículos tienen la misma capacidad. Las capacidades de los ómnibus oscilan entre 37 y 60 personas a montar. Esta condición se modela como un número difuso porque en ocasiones este transporte se emplea para otros fines de la empresa y, además, no todos los ómnibus son iguales. En total se eligieron 17 paradas.

El modelo matemático para el problema, expresado ya en el formato paramétrico, se representa de la siguiente forma:

Variables de decisión:

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{si el vehículo } k \text{ pasa por el arco } (x_i, x_j) \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si existe un vehículo que pasa por el arco } (x_i, x_j) \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$\text{Minimizar } \sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{17} \sum_{i=0}^{17} c_{ij} x_{ij}^k \quad (4)$$

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^K x_{ij}^k = y_{ij} \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{17} y_{ij} = 1, i = 1, \dots, 17 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{17} y_{ij} = 1, j = 1, \dots, 17 \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^{17} y_{0j} = K \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{17} y_{i0} = K \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{17} \sum_{j=1}^{17} d_i x_{ij}^k \leq 37 + 23(1 - \alpha) \text{ para todo } k = 1, 2, \dots, K \quad (10)$$

$$\sum_{i \in Q} \sum_{j \in Q} y_{ij} \leq |Q| - 1, \text{ para todo subconjunto } Q \text{ de } \{2, 3, \dots, n\} \quad (11)$$



La ecuación (4) representa la función objetivo, la cual como ya se explicó se plantea para minimizar las distancias recorridas en total por cada una de las rutas. El valor de K , el número de vehículos empleados para el diseño de las rutas, no se puede prefiar con antelación pues es esta una de las variables que también conviene minimizar. En la solución del problema se determina dicho valor.

El conjunto de ecuaciones de (5) a la (9) contempla todas las restricciones del problema, incluyendo las relacionadas con el parámetro difuso.

Las ecuaciones (6) y (7) aseguran que de cada nodo o parada salga y llegue un solo ómnibus respectivamente. Las ecuaciones (8) y (9) aseguran que del centro de trabajo salgan y lleguen los K ómnibus que cubren las rutas.

Las ecuaciones de tipo (10) garantizan que la cantidad de personas montadas en cada ómnibus no supera la capacidad de estos. Como la capacidad de los vehículos es el parámetro difuso, la expresión depende del parámetro α .

Además, previamente se comprobó que en cada parada el número de personas que aguardan los ómnibus no excediera de la capacidad mínima que puede ser transportada en el ómnibus.

Las ecuaciones de tipo (11) eliminan las subrutas (ver Figura 1).

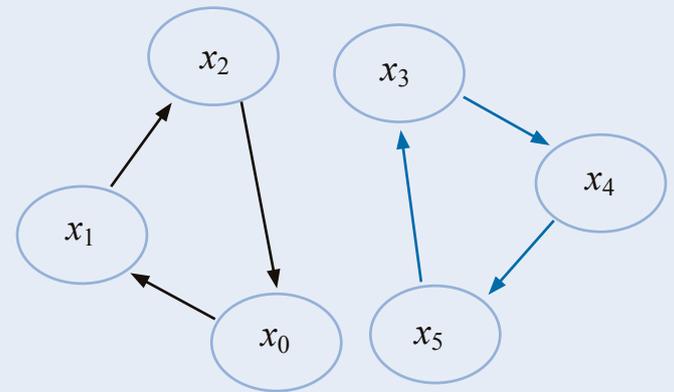


Figura 1. Ejemplo de subruta (flechas en azul, circuito que no parte de x_0)

Los puntos de recogida fueron ofrecidos por la propia empresa, tomando en consideración los puntos de mayor concurrencia de personas en la ciudad.

Para obtener las distancias entre las paradas se utilizó el programa Google Maps y para determinar la cantidad máxima de personas que deben estar esperando en cada parada, se revisó la dirección de cada trabajador de la empresa y se ubicó en la parada más próxima a su casa.

Tabla 1. Cantidad de personas que esperan en cada parada.

Parada	Ubicación	Número de personas
	Centro de Trabajo	0
1	Entrada Doble Vía	2
2	Mercado Vigía Sur	5
3	esquina entre Colón y doble vía	10
4	esquina entre Maceo y Colón	4
5	esquina entre Unión y Central	2
6	Iglesia de Buen Viaje	10
7	Ferrocarril	8
8	Hospital Militar	5
9	Sandino	10
10	CUPET Caridad y Central	4
11	esquina entre Central y Marta Abreu	10
12	Restaurant «La Concha»	3
13	Correo postal, Carretera Central	2
14	Terminal nacional de omnibus	10
15	Restautant «Vista Hermosa»	4
16	Doce Plantas de la Riviera	2
17	Reparto José Martí	11

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al implementarse la función elaborada para este fin en el RStudio, se obtienen las soluciones mostradas en la tabla 2 para distintos valores de α .



Además, aparecen dos columnas obtenidas a partir de analizar las soluciones dadas por el algoritmo, en ellas se representan las distancias recorridas y el número de trabajadores de la empresa que transporta cada ómnibus. Este dato se tendrá en consideración para que los directivos de la empresa elijan cuál diseño de rutas se va a aplicar.

Tabla 2. Solución del problema real para diferentes valores de α

α	Número de rutas	Distancia total recorrida (Km)	Número de personas transportadas	Distancias recorridas
1.0	4	41.8	34; 33; 25; 10	18.9; 10.3; 7.8; 4.8
0.9	4	41.8	34; 33; 25; 10	18.9; 10.3; 7.8; 4.8
0.8	4	41.8	34; 33; 25; 10	18.9; 10.3; 7.8; 4.8
0.7	3	37.6	42; 38; 22	19.6; 10.9; 7.1
0.6	3	37	44; 38; 20	18.9; 10.9; 7.2
0.5	3	37	44; 38; 20	18.9; 10.9; 7.2
0.4	3	37	44; 38; 20	18.9; 10.9; 7.2
0.3	3	35.8	52; 38; 12	19; 10.9; 5.9
0.2	3	34.6	54; 38; 10	18.9; 10.9; 4.8
0.1	3	34.6	54; 38; 10	18.9; 10.9; 4.8
0	3	34.6	54; 38; 10	18.9; 10.9; 4.8

En el caso en que $\alpha = 0$, o sea que la empresa disponga de ómnibus con una capacidad máxima de 60 personas a montar, no se hace necesario utilizar todos los ómnibus con tal capacidad, se emplearían 3 ómnibus pero uno de ellos solo visita una parada. Cuando $\alpha = 1$, el peor de los casos en lo que se refiere a la distancia total recorrida, los ómnibus disponibles tienen una capacidad máxima para montar a 37 personas por lo que se hace necesario disponer de 4 ómnibus, y también uno de ellos visita una única parada. Ambas soluciones son consideradas malas por poseer rutas dirigidas a un único punto. Esto no es conveniente para la empresa porque estaría obligada a emplear un ómnibus para transportar a solo 10 personas que aguardan en una única parada cuando se pueden transportar mínimo 37 pasajeros.

Es importante aclarar que aunque se fija una capacidad máxima de pasajeros a transportar en los ómnibus al fijar un valor numérico para α , esto no quiere decir que todos los ómnibus tienen

que tener tal capacidad. Se pudo apreciar que cuando $\alpha = 0$ no es imprescindible que todos los ómnibus tengan la misma capacidad, a pesar de ser esta la solución más óptima por considerar el empleo de vehículos con capacidades de hasta 60 pasajeros.

Se obtuvieron 5 soluciones diferentes: la primera es la representada cuando $0.8 \leq \alpha \leq 1$, la segunda es



la obtenida cuando $\alpha = 0.7$, la tercera es para cuando $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$, la cuarta es para $\alpha = 0.3$ y la quinta se obtuvo para cuando $0 \leq \alpha \leq 0.2$. Esto facilita el espectro de alternativas a escoger para los decisores.

El software VrpCalc (ver <http://shobb.narod.ru/vrpcalc.html>) puede ser empleado para planificar las rutas de los vehículos si se desea optimizar el kilometraje total por toneladas del recorrido de los vehículos que deben transportar mercancías a los distintos consumidores (nodos), teniendo en cuenta el peso de cargo por cada consumidor, la capacidad de los vehículos y los requerimientos de tiempo. El programa trabaja bajo el supuesto de que los vehículos son idénticos y se sustituye el peso de cargo por consumidor por la cantidad de personas que esperan en cada nodo.

Tabla 3. Solución del problema real para diferentes valores de α mediante el software VrpCalc

α	Número de rutas	Distancia total recorrida (Km)	Número de personas transportadas	Distancias recorridas
1.0	3	41.2	35; 31; 36	15.9; 7.7; 17.6
0.9	3	39.4	39; 25; 38	13.9; 7.8; 17.7
0.8	3	39.4	39; 25; 38	13.9; 7.8; 17.7
0.7	3	39.4	39; 25; 38	13.9; 7.8; 17.7
0.6	3	39.4	39; 25; 38	13.9; 7.8; 17.7
0.5	3	39.4	39; 25; 38	13.9; 7.8; 17.7
0.4	3	39.4	39; 25; 38	13.9; 7.8; 17.7
0.3	2	30.9	52; 50	18.7; 12.2
0.2	2	30.9	52; 50	18.7; 12.2
0.1	2	30.9	52; 50	18.7; 12.2
0	2	30.9	52; 50	18.7; 12.2

Al comparar las tablas 2 y 3 se puede apreciar que de las 11 soluciones obtenidas por cada algoritmo en función del valor de α fijado, el software VrpCalc obtuvo 7 soluciones mejores que el algoritmo Clarke & Wright, resultado



que era de esperar pues VrpCalc implementa una técnica metaheurística, un algoritmo genético, que suele obtener mejores soluciones que el algoritmo Clarke & Wright, como se plantea en [6].

Se observa que VrpCalc obtuvo mejores soluciones para los casos en que α es un valor próximo a 0 o a 1, en cambio el algoritmo Clarke & Wright dio mejores soluciones para $0.4 \leq \alpha \leq 0.7$.

A continuación se emplearán métodos multicriterio discretos para facilitar el proceso de toma de decisiones de los directivos de la empresa. Lo primero que se realizará es seleccionar aquellos criterios de decisión que interesan a la empresa para el diseño de sus rutas, que son:

Número de rutas: el menor número de vehículos posibles.

Distancia Total Recorrida: dirigida al ahorro del combustible.

Menor número de personas transportadas en uno de los ómnibus de las rutas: Carece de sentido disponer de un ómnibus para recoger un número trivial de personas.

Las alternativas a analizar consisten en las 5 soluciones y además, la solución más óptima obtenida mediante el software VrpCalc cuando $\alpha = 0$.

Tabla 4. Características de las alternativas a estudiar

Alternativas	Número de rutas	Distancia total recorrida (Km)	Menor número de personas transportadas
Solución 1	4	41.8	10
Solución 2	3	37.6	22
Solución 3	3	37	20
Solución 4	3	35.8	12
Solución 5	3	34.6	10
Solución VrpCalc	2	30.9	50

Para la ponderación de los criterios, primero se realiza la homogeneización y normalización de la matriz de decisión. La homogeneización se realiza para minimizar todos

los criterios; pues el criterio Menor número de personas transportadas en uno de los ómnibus de las rutas es presentado con el enfoque de maximizarlo, mientras que el resto sí se desea minimizar. Para ello, se multiplican por -1 los valores de la columna correspondiente. En el caso de la normalización se escogió la expresión siguiente:

$$\frac{\max_j H_{ij} - H_{ij}}{\max_j H_{ij} - \min_j H_{ij}} \quad (12)$$

donde los H_{ij} corresponden a los valores mostrados en la tabla 4.

La tabla tras ser homogeneizada y normalizada se muestra a continuación:

Tabla 5. Características de las alternativas a estudiar normalizadas

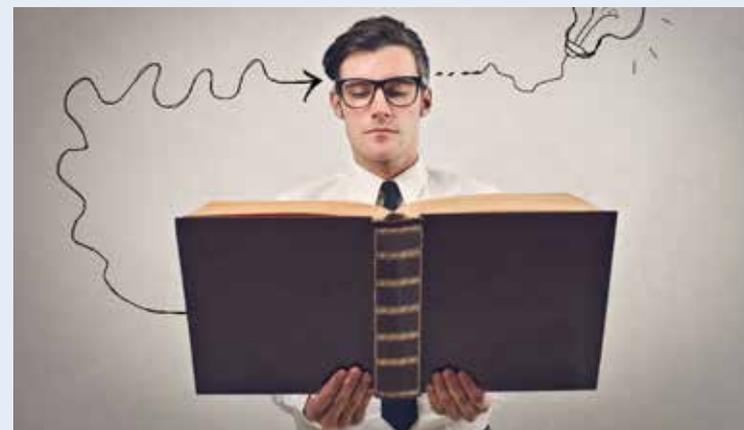
Alternativas	Número de rutas	Distancia total recorrida (Km)	Menor número de personas transportadas
Solución 1	0	0	0
Solución 2	0.5	0.3853	0.3
Solución 3	0.5	0.440	0.25
Solución 4	0.5	0.550	0.05
Solución 5	0.5	0.661	0
Solución VrpCalc	1	1	1

Para la determinación de los pesos de los criterios se empleará la siguiente expresión:

$$\omega_j = \frac{\omega_j^0 \omega_j^s}{\sum_{j=1}^3 \omega_j^0 \omega_j^s}, j = 1, 2, 3, \quad (13)$$

donde para la determinación de los valores de ω^0 se utilizará el Método CRITIC y para el de

ω^s se empleará el Método de asignación directa por ratios.





La razón fundamental de por qué se emplea esta expresión es que conjuga un método objetivo y otro subjetivo. La consideración subjetiva está en que siempre existen un conjunto de restricciones que ningún modelo matemático puede contemplar totalmente, por ejemplo, la disponibilidad y tipo de combustible, la calidad de las calles a transitar o las condiciones para posibilitar la aglomeración de un grupo considerable de personas en cierta parada.

Tabla 6. Ponderaciones normalizadas de los criterios

Criterios	ω^o	ω^s	ω_j	ω_j normalizado
Número de rutas	0.1888	0.3333	0.0629	0.2083
Distancia Total Recorrida	0.3121	0.5	0.1561	0.5165
Menor número de personas transportadas	0.4991	0.16667	0.0832	0.2752
Totales	1	1	0.3021	1

Mediante la técnica anteriormente expuesta, se puede apreciar que el criterio más importante es la Distancia Total Recorrida, seguido por Menor número de personas transportadas y finalmente Número de rutas.

CONCLUSIONES

Las soluciones obtenidas por el método propuesto fueron buenas, sin embargo, se demostró que no contemplaban la mejor, la cual se determinó empleando la misma técnica de solución, pero variándose el algoritmo para resolver el problema de rutas de vehículos con capacidad limitada.

Se corroboró la premisa de que el enfoque multicriterio

ayuda a la determinación de la solución idónea del de VRP si se tienen en cuenta todas las consideraciones proyectadas por los entes involucrados en el problema.

Con el trabajo desarrollado se le ofreció a la empresa un total de 6 posibles soluciones a adoptar. Para ayudar a la determinación de la solución más útil desde el punto de vista práctico, se emplearon métodos multicriterio discretos de toma de decisiones que contemplaron variedad de aspectos objetivos y subjetivos del problema, incluso consideraciones que matemáticamente eran imposibles de insertar en el modelo original.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Ebrahimnejad y J. L. Verdegay, "A survey on models and methods for solving fuzzy linear programming problems", en *Fuzzy Logic in Its 50th Year*, Springer, 2016, pp. 327–368.
- [2] P. L. Rodríguez Quintana, L. Argüelles Cortés, y G. Palencia Fernández, "Resolución de un problema de rutas de vehículos con restricciones difusas", Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, 2018.
- [3] A. Benito Quintanilla, "Problemas de rutas de vehículos: modelos, aplicaciones logísticas y métodos de resolución", Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería en Organización Industrial, Universidad de Valladolid, 2015.
- [4] F. Marrero Delgado, "Herramientas cuantitativas y cualitativas para la toma de decisiones", presentado en Curso Métodos cuantitativos para la toma de decisiones, Santa Clara, 2020.
- [5] J. Aznar Bellver y F. Guijarro Martínez, *Nuevos métodos de valoración: Modelos multicriterio*, 2ª edición. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2012.
- [6] P. Toth y D. Vigo, *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*, Second Edition. SIAM, 2014.

Cómo citar este artículo:

Rodríguez Quintana, P. L., Argüelles Cortés, L., & Palencia Fernández, G. (2021). Aplicación de métodos multicriterios en un proyecto empresarial de rutas de vehículos. *EPISTEMUS*, 14(29). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.123>

PERÍODO DE ROTACIÓN DE ASTEROIDES UTILIZANDO EL OBSERVATORIO CARL SAGAN (OCS) DE LA UNISON

Asteroids' rotation period using carl sagan observatory from UNISON

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

María Eugenia Contreras ¹

Lorenzo Olguín ²

Pablo Loera González ³

Julio César Saucedo Morales ⁴

Ramona Núñez López ⁵

Recibido: 13/05/2021

Aceptado: 11/09/2021

Publicado: 29/09/2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.152>

Autor de Correspondencia:

Dra. María Eugenia Contreras Martínez

Correo : contreras.maru@gmail.com

Resumen

Actualmente se conocen más de un millón de asteroides en el Sistema Solar y cada año se descubren miles más. Mientras el número de objetos conocidos aumenta rápidamente, no así el estudio de sus propiedades físicas. En México, un grupo de astrónomos inició en 2015 una campaña nacional de observación y estudio fotométrico de asteroides, donde participa nuestro grupo de la Universidad de Sonora. Como un ejemplo del trabajo que realizamos en el Observatorio Carl Sagan (OCS) presentamos los resultados obtenidos para cinco asteroides: 2746 Hissao, 4404 Enirac, 4371 Fyodorov, 5976 Kalatajean y 9671 Hemera. Actualmente, tanto la producción como la calidad de nuestros datos han mejorado significativamente, lo que ha permitido probar las capacidades y límites instrumentales del OCS. Además, estamos capacitando a estudiantes y maestros de la UNISON como de otras instituciones del país. Así, seguiremos consolidando un grupo que es capaz de aportar información fundamental en esta novedosa área de investigación en México.

Palabras clave: asteroides, rotación, cuerpos menores, sistema solar.

Abstract

At present, more than a million asteroids are known in the Solar System and every year thousand more are being discovered. While the number of asteroid discoveries increases at a high rate, the study of their physical properties does not. In Mexico, a group of astronomers decided to start in 2015 a national photometry campaign to observe and study asteroids in which our group at the Universidad de Sonora participates. As an example of the kind of studies that our team is carrying out at the Observatorio Carl Sagan (OCS), we present the results obtained for five asteroids: 2746 Hissao, 4404 Enirac, 4371 Fyodorov, 5976 Kalatajean and 9671 Hemera. At present, our production and data quality have improved significantly, which have allow us to prove our instrumental capabilities and limits at the OCS. Besides, we are preparing students and teachers from our university as well as from other national institutions. In this way, we will consolidate a group capable of contributing to the international study of asteroids with fundamental information in this developing area in Mexico.

Keywords: asteroids, rotation, minor bodies, solar system.

¹ Doctora, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, contreras.maru@gmail.com

² Doctor, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, lorenzo.olguin@unison.mx

³ Licenciado en Física, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, pabloloerag@gmail.com

⁴ Doctor, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, julio.saucedo@unison.mx

⁵ Doctora, Departamento de Física, Matemáticas e Ingeniería - Unidad Regional Norte, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, ramona.nunez@caborca.uson.mx



INTRODUCCIÓN

En 1801 Giuseppe Piazzi descubre el primer asteroide que ahora conocemos como Ceres (que en el año 2006 fue reclasificado como Planeta Enano) y en los casi dos siglos siguientes, unos cuantos miles más fueron descubiertos. En la década de 1990 se dio un gran aumento en el descubrimiento de nuevos asteroides, en parte por la mejora en la tecnología de detección de objetos celestes débiles, con magnitudes visuales mayores a 21 ($V > 21$), pero de manera fundamental por la gran cantidad de recursos económicos que el Congreso de los Estados Unidos de América decidiera invertir en la detección de cuerpos del sistema solar que pudieran ser peligrosos para nuestro planeta. Actualmente se conocen más de un millón de asteroides [23] y cada año se descubren miles más.

Entre el gran conjunto de cuerpos menores del sistema solar, donde se incluyen cometas y asteroides, existe un grupo particular que en algún punto de su trayectoria orbital pasan a una distancia menor a 0.3 Unidades Astronómicas (UA) de la Tierra. A los miembros de este grupo se les llama Objetos Cercanos a la Tierra, o NEOs por las siglas en inglés de Near Earth Objects. En particular, a los cometas dentro de este grupo se les designa como Cometas Cercanos a la Tierra (NECs, por las siglas en inglés de Near Earth Comets) y a los asteroides como Asteroides Cercanos a la Tierra (NEAs por las siglas en inglés de Near Earth Asteroids). Hasta el día de hoy se conocen 115 NECs y más de 26,000 NEAs, y siguen descubriéndose un gran número cada año. La tasa de descubrimiento de asteroides es por mucho superior a la del estudio de sus propiedades físicas (tamaño, forma, período de rotación, clasificación taxonómica, etc.), por lo que es necesario invertir mayores esfuerzos en esta dirección.

Algunas propiedades físicas de los asteroides se pueden determinar a partir de sus Curvas de Luz (CL, ver Fig. 1), en particular, el período de rotación sobre su eje. De acuerdo a la Base de Datos de Curvas de Luz Fotométricas de Asteroides (Asteroid Lightcurve Photometry Database, ALCDEF [1]), sólo se conocen períodos confiables de aproximadamente 8,000 asteroides. Los periodos de rotación se relacionan con la cohesión del material que forma al asteroide. En la Figura 1 se muestra la relación entre el periodo



de rotación y el tamaño de los asteroides encontrada por Warner, Harris y Pravec [29]. En esta figura se puede ver que mientras que asteroides que rotan muy rápido, más de diez vueltas completas sobre su eje por día o ciclos/día (frecuencia $> 10 \text{ día}^{-1}$), tienen tamaños menores a aproximadamente 300 metros, los que rotan lentamente (frecuencia $< 10 \text{ día}^{-1}$) tienen diámetros mayores a los 300 metros. Esto indica que el material de un asteroide que gira muy rápidamente tendría que estar fuertemente unido, de lo contrario perdería parte de su material más externo disminuyendo su tamaño. De esta manera, objetos que en el pasado eran rotadores muy rápidos y de gran tamaño, pueden haber perdido parte de su material y dado lugar a asteroides más pequeños que aún giran rápidamente. Actualmente no es posible saber el momento en el que un asteroide va a romperse. De hecho, esta es una de las áreas actuales de investigación donde la determinación de periodos de rotación es fundamental [22, 24, 10].

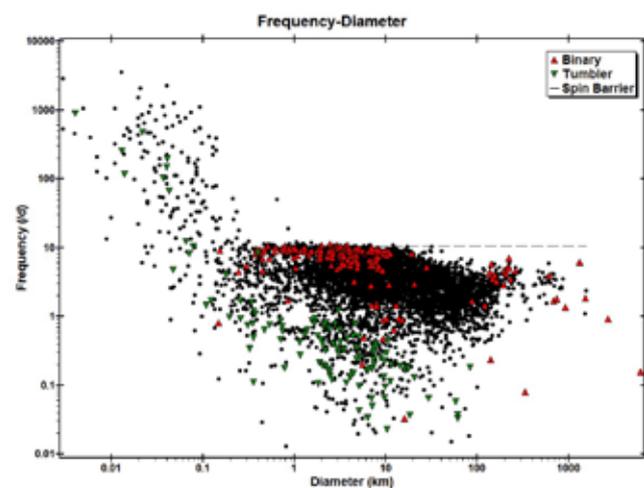


Figura 1. Relación Tamaño-Frecuencia de rotación para una muestra de 5000 asteroides. Aquí se puede ver que hay una barrera en frecuencia de rotación para asteroides con tamaños de aproximadamente 300 m.



Además, si se cuenta con varias curvas de luz, obtenidas desde diferentes ángulos de visión relativos entre el observador y el objeto, es posible inferir la forma tridimensional del objeto [9].

A partir del año 2015, un grupo de astrónomos interesados en estudiar asteroides decidimos poner en marcha la Campaña Mexicana de Fotometría de Asteroides (CMFA [7]) cuyo objetivo principal es el estudiar asteroides, inicialmente aquellos pertenecientes al cinturón principal y en un futuro NEAs. Además, contribuir al conocimiento más detallado de algunos de estos objetos, a observar objetos no estudiados anteriormente y promover la investigación, docencia y divulgación de los objetos menores del Sistema Solar. En especial, existe el interés internacional del estudio de los NEAs debido a la posibilidad de que un NEA pueda colisionar con la Tierra. De hecho, a partir de junio del

2014, los NEAs se han incluido en la legislación mexicana como una posible causa de desastre natural. En particular, la Ley General de Protección Civil en su artículo 2 Fracción XXI sobre fenómenos astronómicos, contempla el impacto de asteroides como una posible causa de perturbación destructiva tanto a la atmósfera como a la superficie terrestre.

En 2016, 2017 y 2018 se llevaron a cabo tres etapas más dentro de la CMFA, donde se aumentó el número de objetos observados y se capacitó a estudiantes e investigadores nacionales en la observación y reducción de datos. La experiencia generada en estas campañas ha contribuido a establecer las características de las observaciones necesarias para generar CL y periodos de rotación confiables. Así, nos encontramos en una etapa de crecimiento en esta área.

En forma paralela a la CMFA, en 2017 iniciamos en la UNISON una campaña local de preparación de estudiantes y académicos interesados en participar en el estudio de asteroides, con la finalidad de consolidar un grupo de trabajo interno. En este trabajo presentamos una muestra de los resultados obtenidos localmente y los planes futuros de nuestro grupo en la Universidad de Sonora.

observaciones y reducción de datos

Equipo. Las observaciones se realizan en el Observatorio Carl Sagan de la Universidad de Sonora (OCS) con un telescopio Meade LX-200GPS con apertura de 0.41m y razón focal $f/10$ y una cámara CCD Apogee Alta F9000 de 3000×3000 pixeles, Fig. 2. Generalmente usamos el CCD en modo de consumado de 2×2 pixeles, lo que nos produce una escala de placa de 1.25 segundos de arco por pixel y un campo de visión útil de aproximadamente 20×20 minutos de arco.



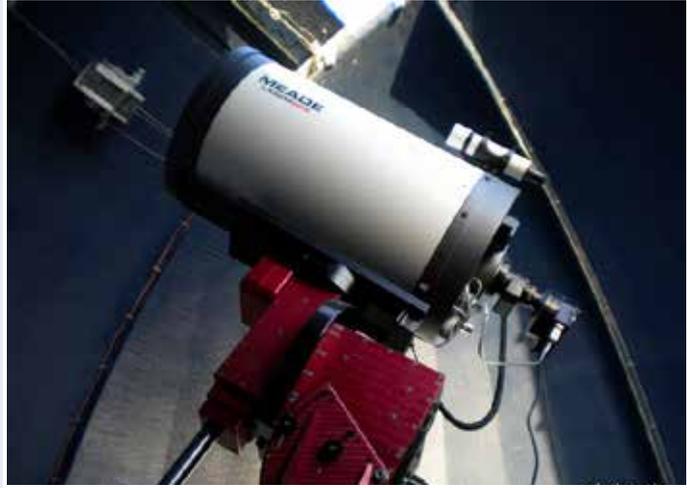


Figura 2. Observatorio Carl Sagan (OCS) de la Universidad de Sonora y Telescopio de 40 cm.

Procedimiento. Para obtener las curvas de luz, necesitamos obtener una gran cantidad de imágenes del asteroide de interés y algunas estrellas cercanas a él. El tiempo de exposición con el que se observa un asteroide depende de su brillo. Con nuestro telescopio, tiempos entre 60 y 300 segundos por imagen son típicos para objetos con magnitud $V < 16$. La obtención de imágenes se repite durante varias noches cercanas a la fecha de oposición del objeto, es decir, cuando éste se encuentra en el lado opuesto al Sol visto desde la Tierra. De esta manera se obtienen cientos de imágenes que deben ser reducidas y analizadas para generar la curva de luz.

Reducción. Para poder obtener la información útil contenida en una imagen astronómica, hay que eliminar, o al menos reducir, las señales espurias que alteran nuestras imágenes. En el argot astronómico este proceso recibe el nombre de reducción e incluye una serie de procedimientos que limpian las imágenes mediante programas especialmente diseñados para ello. Usualmente utilizamos el programa IRAF (Image Reduction and Analysis Facility), que era distribuido gratuitamente por NOAO (National Optical Astronomy Observatories) hasta hace algunos años, o Maxim DL que es un software comercial.

Tabla 1. Resultados derivados a partir de las curvas de luz.

Número/Nombre	Número de Noches	Temp Total (horas)	Periodo (horas)	Amplitud (mag)
2746 Hissao	6	23.7	3.1848 ± 0.0015	0.41
4371 Fyodorov	4	16.7	4.349 ± 0.003	0.12
4404 Enirac	2	9.5	2.999 ± 0.001	0.28
5976 Kalatajean	3	10.5	4.5544 ± 0.0002	0.60
9671 Hemera	2	21.7	2.532 ± 0.001	0.16

Curvas de luz y periodos

para la obtener la curva de luz y determinar los periodos, utilizamos el paquete de códigos computacionales especializado llamado MPO-Canopus [18] escrito por Brian D. Warner del Minor Planet Observatory (MPO). Este paquete permite procesar una gran cantidad de imágenes tomados en secuencia, para obtener fotometría de apertura tanto de los asteroides como de algunas estrellas cercanas al objeto, y derivar así fotometría relativa. El promedio de las medidas individuales a un tiempo dado y el conjunto de éstas a lo largo del tiempo, permiten derivar la curva de luz que nos dice **cómo varía la luz** reflejada en la superficie del asteroide como función del tiempo. Aunque la forma particular de la curva de luz depende de las características físicas del objeto, la repetición periódica de la misma no se ve afectada en las escalas de tiempo en las que los observamos. El ajuste de la curva de luz con las herramientas de análisis de periodos con técnicas de Fourier nos permite derivar el periodo de rotación del asteroide [28].

Desde el inicio de la CMFA hemos obtenido datos para 35 asteroides utilizando el OCS, y se tiene un total de 50 objetos estudiados utilizando los diferentes telescopios de las instituciones nacionales participantes en la Campaña. Una muestra de curvas de luz obtenidas y los periodos derivados, se muestran en las figuras 2 a 6 y en la tabla de resultados.

La muestra e información sobre los objetos

La muestra de objetos contemplado para ser estudiados por nuestro grupo, de los cuales seleccionamos cinco como ejemplo para presentar en este trabajo, pertenecen al cinturón principal de asteroides y fueron tomados de la base de datos de la Collaborative Asteroid Lightcurve Link, CALL [6]. A continuación, presentamos un breve resumen de la información general que conocemos de los cinco objetos, así como su curva de luz, obtenida en base a observaciones realizadas por miembros de nuestro grupo, y el periodo de rotación estimado a partir de ésta.

2746 Hissao. Asteroide del cinturón principal, descubierto el 22 de septiembre de 1979 por N.S. Chernykh en el Observatorio Astronómico de Crimea Nauchnyj. Tiene una magnitud absoluta $H=13.2$, un albedo de 0.24 y un tamaño estimado de 5.3 ± 1.37 km reportados en 2016 [15, 20]. El periodo de rotación fue reportado en el 2019 por Zeigler et al. [30], con un valor de 3.18 ± 0.01 h. En base a observaciones realizadas en el OCS durante el 2018 (27 y 28 de marzo y 2, 3, 9 y 10 de abril) nuestro grupo reportó en el 2019 [13] un periodo de 3.1848 ± 0.0015 h, Figura 3. Ambos valores son muy similares, lo cual hace que sea un valor confiable y más preciso que el reportado por Zeigler et al. [30], dados los errores pequeños en nuestros datos.

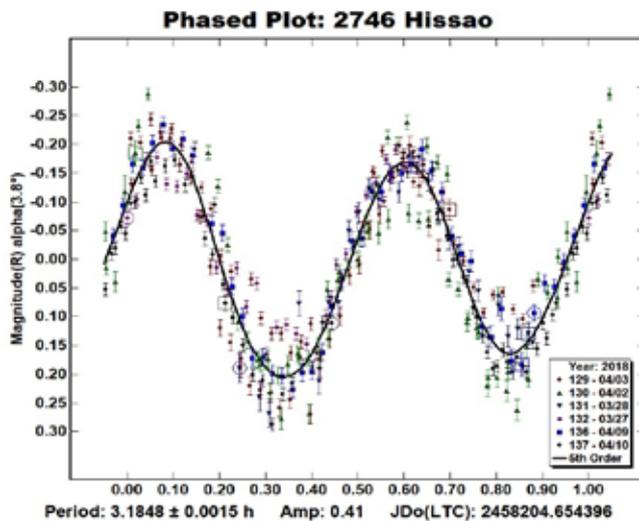


Figura 3. Curva de luz del objeto 2746 Hissao 4371 Fyodorov.

Pertenece al cinturón principal y fue descubierto el 10 de abril de 1983 por la astrónoma soviética Liudmila Chernykh desde el Observatorio Astrofísico de Crimea. Fue designado provisionalmente como 1983 GC2, para después ser nombrado Fyodorov en honor al oftalmólogo,

profesor y político moscovita Svyatoslav Nikolayevich Fyodorov, pionero de la cirugía refractiva. Tiene una magnitud absoluta $H = 13.2$, un albedo de 0.327 y un tamaño estimado de 5.629 km [17]. No existen estimaciones previas del periodo de rotación. Nuestras observaciones obtenidas durante cuatro noches (15-18 de junio del 2017) indican un periodo de 4.340 ± 0.003 h con una amplitud de 0.12 mag, ver Figura 4.

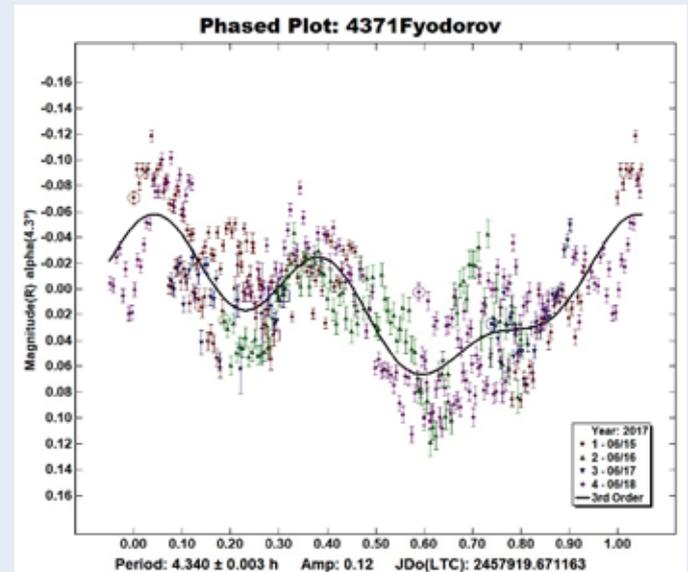
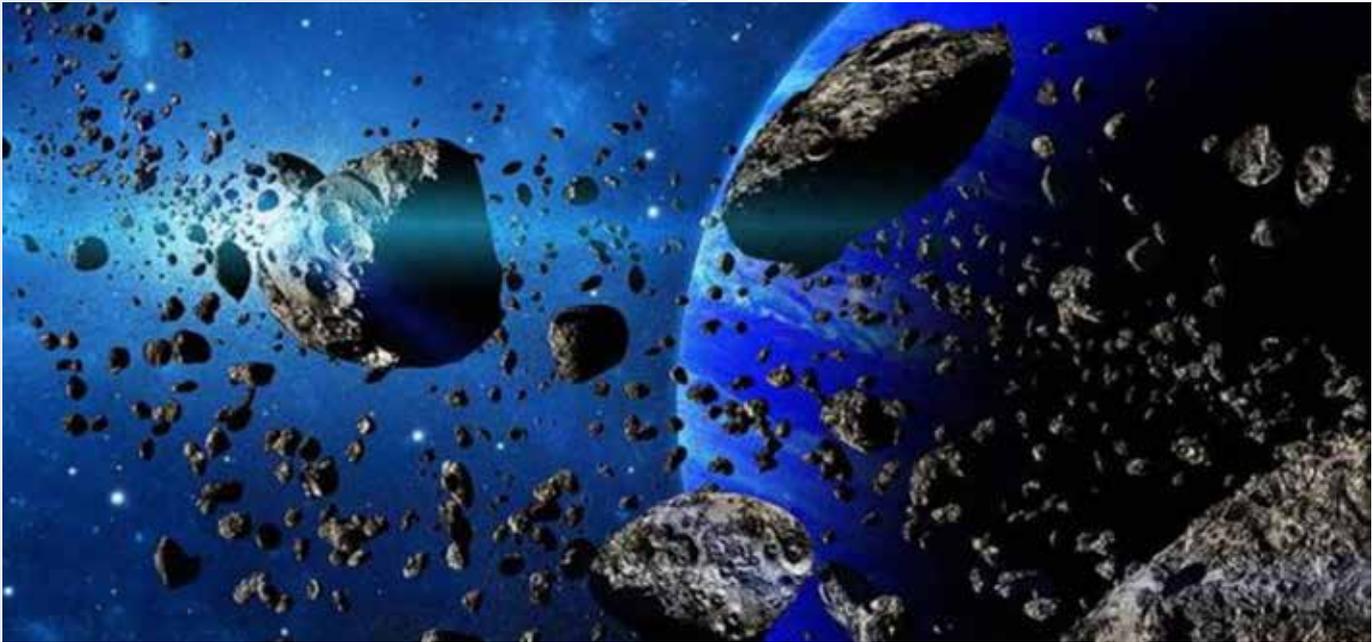


Figura 4. Curva de luz para el asteroide 4371 Fyodorov.

4404 Enirac. Objeto del cinturón principal. Fue descubierto el 2 de abril de 1987 por Alain Maury desde el Observatorio Palomar en California, EE.UU. Nombrado así en honor a la esposa de su descubridor, Carine, aunque deletreado al revés para evitar confusión con el asteroide 491 Carina [25]. Es un asteroide tipo S [29] con una magnitud absoluta $H=12.9$, un albedo de 0.239 y un tamaño estimado de 6.233 km [14,15]. En la literatura, el periodo de rotación ha sido reportado en cinco ocasiones: Kling-





smith et al. (2014) [12] obtuvieron un periodo de rotación de 2.998 ± 0.002 h. En 2017, Hayes-Gerhke et al. en base a cuatro noches de observación mejoran el valor reportado del periodo de rotación, encontrando un valor de 2.9979 ± 0.0003 h y una amplitud de 0.27 mag [11]. El mismo año, Behrend (2017) reporta un periodo de 2.9983 ± 0.0002 h [3]. Más recientemente, Mas et al. (2018) y Benishek (2018) reportan un valor de 2.997 ± 0.001 h, con una amplitud de 0.26 mag, y 2.9978 ± 0.0002 h, con una amplitud de 0.27 mag, respectivamente [16,4]. Nuestras observaciones, obtenidas durante dos noches de observación (12 y 16 abril 2017), indican un periodo de 2.999 ± 0.0072 h y una amplitud de 0.28 mag (Figura 5). A pesar de que nuestra medición tiene un error mayor que el resto, el período obtenido está de acuerdo con los reportados anteriormente.

5976 Kalatajean. Objeto del cinturón principal. Descubierto el 25 de septiembre de 1992 en el Observatorio Oak Ridge de Harvard. Nombrado en honor de Jean Marie Kalata, una analista social en la oficina de estudios institucionales de la Smithsonian Institution. Este objeto tiene 3 valores reportados de su magnitud absoluta $H=12.3$ [2], $H=12.0$ [16] y $H=12.25$ [22]. Todos estos valores son consistentes dentro del error. Posee un albedo de 0.226 y un tamaño estimado de 11.137 km [15]. El valor reportado para el periodo es de 4.55362 ± 0.00006 h con una amplitud de 0.59 mag [21]. Este objeto fue observado por nuestro grupo durante 3 noches en mayo del 2017. En base a estos datos el periodo de rotación obtenido fue de 4.5544 ± 0.0002 h con una amplitud de 0.6 mag, ver Figura 6. Estas determinaciones son consistentes, dentro del error, con los parámetros reportados por Owings (2018) [21].

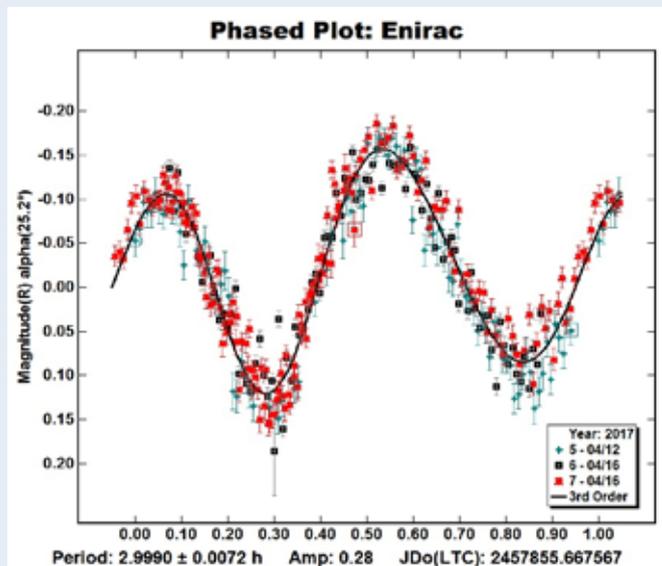


Figura 5. Curva de luz para 4404 Enirac.



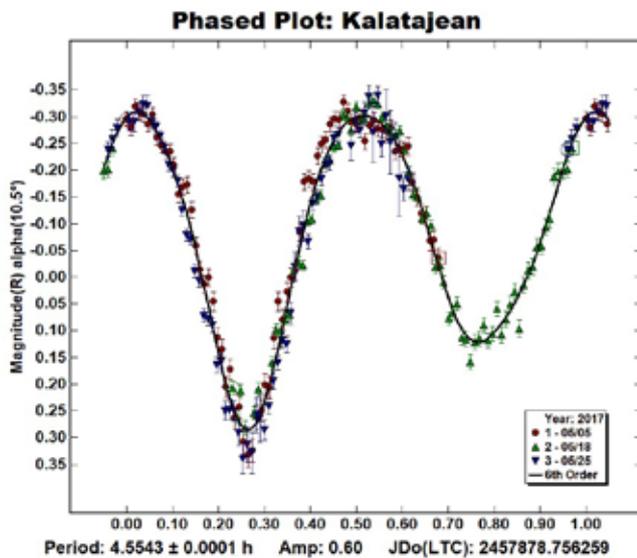


Figura 6. Curva de luz para 5976 Kalatajean.

9671 Hemera. Asteroide que cruza la órbita de Marte. Fue descubierto el 5 de octubre de 1997 por L. Sarounova en el pueblo de Ondrejov, República Checa. Recibe su nombre de la diosa griega del día brillante, hija de Nix, la diosa de la noche, y **Érebus**, el dios de la obscuridad. Hemera significa día en griego. Tiene una magnitud absoluta $H=14.09$ [4] pero no tiene ningún valor de albedo ni tamaño reportados. En cuanto al periodo, existen siete estimaciones previas: Salvaggio, Marchini y Papini (2017) [23] y Brincat (2017) [5] determinan un valor de 2.532 ± 0.001 h con amplitudes de 0.16 mag y 0.17 mag respectivamente. Mas et al. (2018) [3] y Aznar Macias (2018) [2] reportan 2.531 ± 0.001 h y 2.534 ± 0.002 h con amplitudes de 0.15 mag y 0.12 mag respectivamente. Por otro lado, Ditteon y Young (2018) [8] reportan 2.5318 ± 0.0004 h con una amplitud de 0.14 mag y Skiff (2017) [26] reporta dos valores 2.53143 ± 0.00035 h y 2.53144 ± 0.00013 h con amplitudes



de 0.17 mag en ambos casos.

Estas estimaciones del período son claramente consistentes entre sí. En particular, tanto Brincat [5] como Salvaggio y colaboradores [23] han sugerido que Hemera pudiera ser un asteroide binario pues su curva de luz muestra un comportamiento bimodal. Sin embargo, proponen realizar más observaciones para verificar esta posibilidad. En nuestro caso, el periodo encontrado para Hemera con observaciones realizadas en el OCS durante dos noches (2 y 3 de abril del 2017) fue de 2.532 ± 0.001 h con amplitud de 0.16 mag, el cual también es consistente con los valores mencionados. En primera instancia, nuestras observaciones no muestran evidencia de un sistema binario, ya que en éstos comúnmente la dispersión de los puntos de la curva de luz es mayor a la esperada como consecuencia de los errores observacionales. Adicionalmente, el análisis de Fourier de los residuos, después de substrair el periodo principal obtenido, no muestra un comportamiento periódico atribuible a una segunda componente.

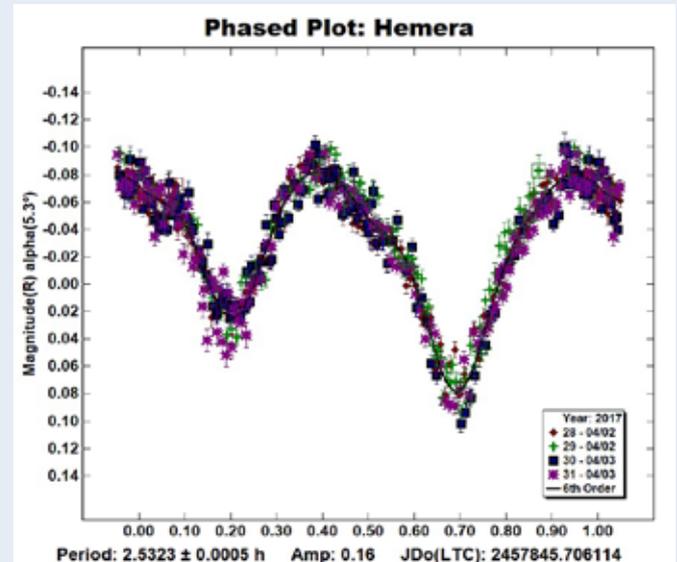


Figura 7. Curva de luz para 9671 Hemera.

CONCLUSIONES

En este trabajo presentamos las curvas de luz y periodos de rotación de cinco asteroides, como una pequeña muestra del total de objetos que han sido estudiados con datos obtenidos en el Observatorio Carl Sagan (OCS) de la UNISON. Las curvas de luz presentadas cubren variaciones en brillo de los objetos entre 0.12 y 0.60 magnitudes, lo que nos permitió evaluar las posibilidades y límites instrumentales que nuestro grupo puede conseguir con el equipo con el que se cuenta. Dada la apertura de nuestro telescopio actual, la limitada eficiencia de nuestro detector y la calidad del cielo, podemos producir datos de excelente calidad para objetos con $V < 15$ y con variación de brillo mayores a 0.1 mag.

La calidad del cielo no es posible mejorarla, es muy razonable pensar que un futuro no muy lejano tendremos que reubicar nuestro observatorio en un lugar más alejado de la ciudad para evitar la contaminación lumínica. Además, esperamos instalar un telescopio de mayor apertura ($D = 0.50$ m), así como otros telescopios de menor apertura para tener mayor campo de visión, que nos permitan observar más de un objeto de manera simultánea. Esto incrementaría de manera sustancial la cantidad y calidad de los datos que podemos generar.

A pesar del poco tiempo de haber iniciado, el grupo de trabajo de la Universidad de Sonora ha sido capaz de implementar y dominar las técnicas de estudio fotométrico de asteroides, ha contribuido a la Campaña Mexicana de Fotometría de Asteroides desde el 2015 aportando datos observacionales para más de 40 objetos y de manera independiente, ha observado y analizado información para 20 objetos más. Al realizar una búsqueda en la *Base de Datos de Curvas de Luz ALCDEF* y la literatura en general, en este periodo se han reportado datos completamente nuevos sobre los periodos de rotación de aproximadamente 30 objetos. Hasta ahora la mayoría de nuestros objetos han sido asteroides pertenecientes al cinturón principal, pero en el futuro cercano esperamos ser capaces de observar NEAs.

Por otro lado, el ritmo de producción de nuestros datos ha aumentado, al grado de que el número de noches se ha incrementado de 4 en 2015 a 66 en 2018. Así mismo, la calidad de nuestros datos ha mejorado, a medida que nuestros métodos de observación y el manejo de las técnicas de reducción de imágenes se mejoran y se hace un análisis más detallado de los resultados fotométricos obtenidos.

La producción de una gran cantidad de datos implica una mayor cantidad de tiempo para su procesado. Por esta razón, es necesaria la elaboración de un sistema automatizado que permita la reducción de datos de una manera eficiente. Para ello se requiere la escritura de códigos que permitan acelerar el proceso de reducción de datos, y para ello se piensa en la participación muy importante de estudiantes con conocimientos en programación de computadoras. Además, para poder acrecentar la rapidez con que se lleva a cabo este proceso, estamos capacitando a estudiantes y maestros, tanto en la UNISON como en otras instituciones del país. Esto nos permitirá consolidar un grupo que sea capaz de aportar información fundamental en esta novedosa **área de investigación** en México.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ALCDEF: https://minplanobs.org/alcdef/php/alcdef_aboutLightcurves.html
- [2] Aznar Macías, A., Cornea, R. & Suciú, O., 2018, *Minor Planet Bull.*, 45, 92-96
- [3] Behrend, R., 2017, Observatoire de Geneve, website: http://obswww.unige.ch/~behrend/page_cou.html
- [4] Benishek, V., 2018, *Minor Planet Bull.*, 2018, 45, 82-91
- [5] Brincat S.A., 2017, *Minor Planet Bull.*, 44, 199-200
- [6] CALL website http://www.minorplanet.info/PHP/call_

OppLCDBQuery.php

- [7] CMFA: <http://www.astro.uson.mx/~cmfa/CMFA/CMFA/>
NOTA: Debido a la pandemia por COVID19 esta página estará disponible hasta el final del 2021.
- [8] Ditteon, R. & Young, J., 2018, *Minor Planet Bull.*, 45, 117-119
- [8] Durech, J., Sidorin, V. & Kaasalainen, M., 2010, *A&A*, 513, 46
- [10] Flynn, G.J. & Durda; D.D., 2019, 50th Lunar and Planetary Science Conference 18-22 March at Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 2132, id. 1400.
- [11] Hayes-Gehrke, M., Caffes, R., Gibson, A., Honer, A., Hunter, R., Paul, T., Quimby, C., Riffe, T., Roberts, M., Schemmel, J., Unaegbu, U. & Wilton, Z., 2017, *Minor Planet Bull.*, 44, 309
- [12] Klinglesmith III, D.A., Hanowell, J., Turk, J., Vargas, A. & Warren, C. A., 2014, *Minor Planet Bull.* 41, 15-16
- [13] Loera-González, P., Olguín, L., Saucedo, J.C., Núñez-López, R. & Yahia-Keith, N.A., 2019, *Minor Planet Bull.*, 46, 97-98
- [14] Mainzer, A., Grav, T., Masiero, J., Hand, E., Bauer, J., Tholen, D., McMillan, R.S., Spahr, T., Cutri, R.M., Wright, E., Watkins, J., Mo, W. & Maleszewski, C., 2011, *ApJ*, 741, 90
- [15] Mainzer, A.K., Bauer, J.M., Cutri, R.M., Grav, T., Kramer, E.A., Masiero, J.R., Nugent, C.R., Sonnett, S.M., Stevenson, R.A. & Wright, E.L., 2016, *PDSS (NASA Planetary Data System)*, 247
- [16] Mas, V., Fornas, G., Lozano, J., Rodrigo, O., Fornas, A., Carreño, A., Arce, E., Brines, P., Herrero, D., 2018, *Minor Planet Bull.*, 45, No.1, 76-82
- [17] Masiero, J.R., Mainzer, A.K., Gray, T., Bauer, J.M., Cutri, R.M., Dailey, J., Eisenhardt, P.R., McMillan, R.S., Spahr, T.B., Skrutskie, M.F., Tholen, D., Walker, R.G., Wright, E.L., DeBaun, E., Elsbury, D., Gautier IV, T., Gomillion, S. & Wilkins, A., 2011, *ApJ*, 741, 68
- [18] MPO Canopus: <http://www.minorplanetobserver.com/MPOSoftware/MPOCanopus.htm>
- [19] NASA Science: Solar System Exploration: <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/overview>
- [20] Nugent, C.R., Mainzer, A., Bauer, J., Cutri, R.M., Kramer, E.A., Grav, T., Masiero, J., Sonnett, S. & Wright, E.L., 2016, *AJ*, 152, 63
- [21] Owings, L. E., 2018, *Minor Planet Bull.*, 45, 227-231
- [22] Pravec, P. & Harris, A.W., 2000, *Icarus*, 148, 12-20.
- [23] Salvaggio, F., Marchini, A. & Papini, R., 2018, *Minor Planet Bull.*, 44, 248-249.
- [24] Sánchez, P. & Scheeres, D.J., 2014, *Meteoritics & Planetary Science*, 49-5, 788-811.
- [25] Schmadel, L.D., 2003, *Dictionary of Minor Planets Names*, 5th edition, Springer-Verlag
- [26] Skiff, B.A 2017, Posting on CALL website <http://www.minorplanet.info/call.html>
- [27] Veres, P., Jedicke, R., Fitzsimmons, A., Denneau, L., Granvik, M., Bolin, B., Chastel, S., Wainscoat, R.J., Burgett, W.S., Chambers, K.C., Flewelling, H., Kaiser, N., Magnier, E.A., Morgan, J.S., Price, P.A., Tonry, J.L. & Waters, C., 2015, *Icarus*, 261, 34-47
- [28] Warner, B.D., "A Practical Guide to Lightcurve Photometry and Analysis", Ed. Springer, 2006.
- [29] Warner, B.D., Harris, A.W. & Pravec, P., 2009, *Icarus*, 202, 134-146
- [30] Zeigler, K., Barnhart, T., Moser, A. & Duval, N., 2019, *Minor Planet Bull.*, 46, 11-12

Cómo citar este artículo:

Contreras Martínez, M. E., Olguín, L., Loera González, P., Saucedo Morales, J. C., & Núñez López, R. (2021). Período de rotación de asteroides utilizando el observatorio Carl Sagan (ocs) de la UNISON. *EPISTEMUS*, 14(29). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.152>

FORTALECIENDO A LA MINERÍA ARTESANAL SOSTENIBLE: PROYECTO PILOTO “LAS MINITAS, SONORA MÉXICO”.

*Strengthening sustainable artisanal mining:
pilot project “the minitas, sonora, méxico”.*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Elizabeth Araux Sánchez ¹
Alejandra Marisela Gómez Valencia ²
Gema Karina Ibarra Torúa ³
Diana María Meza Figueroa ⁴

Recibido: 12/04/2021

Aceptado: 09/05/2021

Publicado: 14/06/2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.147>

Autor de Correspondencia:

Alejandra Marisela Gómez Valencia
Correo: alejandra.gomez@unison.mx

Resumen

Fortaleciendo a la Minería Artesanal Sostenible (FAMA), es un proyecto que busca el empoderamiento de los mineros artesanales para lograr eficientizar las prácticas de extracción responsable y de bajo impacto ambiental, brindando conocimiento transdisciplinario: geológico, minero, civil, medio ambiental y de seguridad, para incidir positivamente en la extracción y con ello implementar estrategias para el progreso. Además, ante la actual pandemia sanitaria por COVID-19, FAMA tiene como llamado de acción el orientar a los mineros artesanales en el camino a la reactivación económica. El proyecto piloto se ubica al sudoeste de la ciudad de Hermosillo-Sonora, México, en una cantera llamada “Las Minitas”, donde se realiza extracción de forma artesanal de calcita (marmolina). Con este proyecto, FAMA se suma a la Red de Desarrollo Sostenible para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, una iniciativa global de la Organización de las Naciones Unidas (ONU)

Palabras clave: René Descartes, método clínico, filosofía de la medicina.

Abstract

Strengthening Sustainable Artisanal Mining (FAMA acronym in spanish) is a project that seeks to empower artisanal miners to achieve more efficient safe, responsible extraction practices and decrease environmental impact, providing transdisciplinary knowledge: geological, mining, civil, environmental, and security, to positively influence extraction and thereby implement strategies for progress. Also, given the current health pandemic due to COVID-19, FAMA's call for action to guide artisanal miners on the path to economic reactivation. The pilot project is located southwest of the city of Hermosillo-Sonora, Mexico, in a mine called “Las Minitas”, where the artisanal extraction of calcite (marble). With this project, FAMA joins the Sustainable Development Network for the fulfillment of the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda, a global initiative of the United Nations (UNO).

Keywords: Artisanal Mining, SDG, SDSN Mexico, 2030 Agenda UNO, COVID-19.

¹ Maestra en Ciencias, Departamento de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, elizabeth.arauz@unison.mx, <https://orcid.org/0000-0001-5165-2875>.

² Candidata a Doctor en Ciencias de la Tierra, Departamentos de Ingeniería Civil y Minas y Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, alejandra.gomez@unison.mx, <https://orcid.org/0000-0003-1744-2270>.

³ Doctora en Ciencias, Departamento de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, gema.ibarra@unison.mx, <https://orcid.org/0000-0001-6130-9640>.

⁴ Doctora en Geociencias, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, diana.meza@unison.mx, <https://orcid.org/0000-0002-8934-0321>.



INTRODUCCIÓN

La necesidad de obtener recursos naturales para la subsistencia humana y para los avances científicos y tecnológicos, se ha basado en la minería [1]. En nuestro país incluye a la grande, mediana y pequeña minería. El presente estudio se centra en la pequeña minería o minería a pequeña escala (MAPE), específicamente aquella que se extrae de manera artesanal. La Minería Artesanal es una actividad que opera comúnmente en condiciones informales y fuera del marco normativo, donde los trabajadores carecen de un grado académico y trabajan aplicando conocimientos heredados, utilizando herramientas y equipamiento básicos, considerándose este tipo de minería de alto grado de

vulnerabilidad.

En cifras globales, se conoce que cerca de 15 millones de personas alrededor de mundo están involucradas en actividades de MAPE [2], y que dicha cantidad ha sido triplicada en los últimos años, considerando en las estadísticas, a 43.5 millones de mineros artesanales distribuidos en alrededor de 77 países [3]

Para México, la extracción minera representa el 4% del PIB e incluye a la minería en todas sus escalas [4] y de lo que representa a MAPE, únicamente se cuenta con la participación de 56,000 mineros artesanales (Figura 1A) [3]. Con esta pequeña comunidad, México aporta cerca de un 3% del valor minero-metalúrgico extraído principalmente de materiales no metálicos [4].

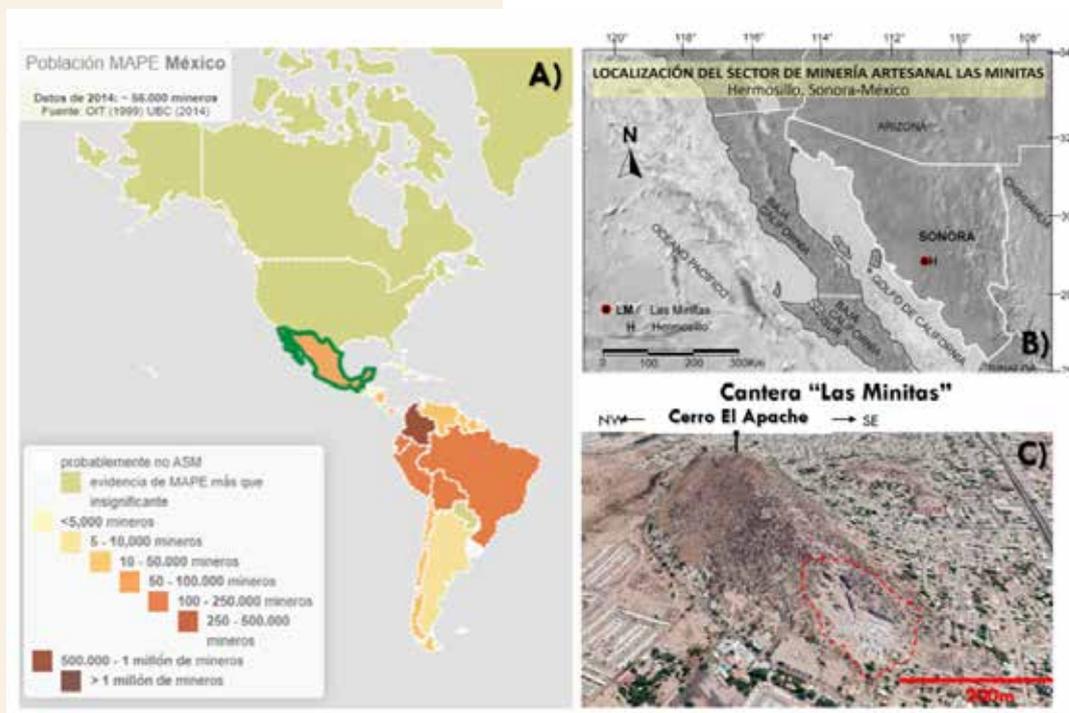


Figura 1. A) Población de MAPE (Minería Artesanal y de Pequeña Escala) en América, énfasis en la concentración de mineros de pequeña escala en México. Mapa modificado de <http://artisanalmining.org/Inventory/>; B) localización de la Cantera "Las Minitas" en el noroeste de México; y C) Visualización del Cerro "El Apache", localizado al sudoeste de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Nótese que en la porción sur del cerro se señala con línea punteada el sector que abarca la cantera y además se puede observar la cercanía de la urbanización a la zona de explotación.

De acuerdo al Servicio Geológico Mexicano [5], en México existe una participación importante de la pequeña minería para la extracción de minerales como el caolín, celestita, cuarzo, diatomita, dolomita, feldespato, fluorita, fosforita, grafito, carbón, micas, olivino, sílice, talco, yeso, zeolitas y ópalo donde la Secretaría de Economía específica que para Sonora existen alrededor de 60 operaciones de pequeña minería de carbón, sílica, halita y grafito, sin embargo, se omite mencionar a todos aquellos partícipes de la minería artesanal, que extraen calcita, turquesa, el berilo, el jaspe, granate, cuarzo y oro, a nivel nacional o regional [6].

También es preciso incluir en esta actividad, la extracción de rocas dimensionables tales como mármoles, piedra laja (o lutitas), piedra de cantera (rocas volcánicas), morusa o escoria volcánica, basalto, granito, piedra bola, arena, limo, etc. Por lo anterior, se debe esclarecer que las estadísticas con las que se cuenta para esta actividad en México no son completamente confiables y por ello resulta complejo conocer cuál es la participación real de la minería artesanal a nivel estatal y nacional.

Un rasgo habitual que converge entre la minería a pequeña escala, dedicada a extraer artesanalmente alguno de los materiales anteriormente mencionados, es que



la explotación por tradición se realiza con conocimientos heredados, inseguros y carentes de recursos para su progreso, por lo cual es relevante señalar que se han fomentado muy pocas estrategias para la buena práctica en este tipo de minería. Debido a esto, es necesario implementar acciones inmediatas para el progreso de la práctica artesanal, cuya solución recae en la unión de esfuerzos, conocimientos y recursos para lograr un acertado apoyo técnico para las comunidades de la pequeña minería que operen bajo condiciones vulnerables y de riesgo, orientando a este sector a una explotación y extracción segura, responsable y disminuyendo las condiciones de impacto ambiental. Por estas razones se creó el proyecto Fortaleciendo a la Minería Artesanal (FAMA), uno de los 3 proyectos aprobados para representar a la Universidad de Sonora ante SDSN México, la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (*Sustainable Development Solutions Network*, SDSN por sus siglas en inglés) en cumplimiento de la Agenda 2030 y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU.

FAMA (Figura 2) se involucra en el área temática de comunidades sostenibles y bienestar social e incide en 5 de los 17 ODS, teniendo una importante influencia en cada uno de ellos: ODS número ocho, relacionado con Trabajo decente y crecimiento económico: generación de empleos y capacitación de personal en regiones vulnerables y pago justo por materia prima; ODS número nueve, relacionado con Industria, innovación e infraestructura: modernización de la infraestructura minera; ODS número once, relacionado con Ciudades y comunidades sostenibles: mitigación del impacto ambiental de la minería artesanal; ODS número doce, relacionado con Producción y consumo responsables: actividad productiva sostenible; y ODS número di-

ecisiete, relacionado con Alianzas para lograr los objetivos: construcción de cadenas de colaboración con instituciones académicas, laboratorios, sector público y privado.



Figura 2. Representación del logotipo de Fortaleciendo a la Minería Artesanal Sostenible, un proyecto del Banco de Proyectos de SDSN México, ver en: <https://sdsnmexico.mx/banco-de-proyectos/comunidades-sostenibles-y-bienestar-social/fortaleciendo-la-mineria-artesanal-sostenible/>.

Uno de los objetivos principales del proyecto FAMA es fortalecer a la pequeña minería y la minería artesanal, mismas que conforman una importante fuente de ingresos para las comunidades rurales y en algunos casos, según las delimitaciones geológicas, para algunas entidades urbanas. Los dueños y trabajadores de la pequeña minería, generalmente se ven afectados debido a que el proceso



y responsable, incidiendo en la disminución de las afectaciones ambientales, proporcionando así, herramientas que les permitan a los mineros artesanales, contar con acceso a los apoyos económicos en estos rubros, finalizando con las recomendaciones idóneas para el buen funcionamiento de su pequeña empresa, de los posibles mercados para ofertar sus productos y de la puesta en práctica para la enseñanza de arte experimental con minerales y rocas, siendo esta última una idea para mitigar un poco y resarcir la actual afectación económica que impera a causa de la pandemia COVID-19.

CONTEXTO GEOLÓGICO MINERO

El primer proyecto de FAMA corresponde a la zona de extracción artesanal de Calcita en el área de la cantera "Las Minitas" en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México (Figura 1B), específicamente localizada en el Cerro El Apache (Figura 1C) en el sector de la colonia Palo Verde.

de su trabajo lo realizan en condiciones frágiles, obstaculizando la productividad, las condiciones de progreso económico e incluso de salud, sobreviviendo al margen de apoyos otorgados por el gobierno, con insuficiencias en maquinaria, carentes de instrumentos y equipos de seguridad y trabajando de manera rudimentaria. Esto genera un gran problema social, puesto que, al ser afectada la pequeña minería, también lo son sus familias y el hábitat que los rodea, ya que cuando el alcance ciudadano se encuentre muy cercano a la fuente de extracción de los materiales, existirán repercusiones a la población aledaña por la generación de riesgos ambientales, posibles riesgos geológicos, incluyendo alteraciones en la estabilidad y tranquilidad de la zona.

Aunado a estos problemas naturales que se generan por este tipo de actividad, la pequeña minería puede presentar tiempos de mayor vulnerabilidad que el habitual, por la actual crisis económica ocasionada por la pandemia SARS-CoV-2 (COVID-19), por estos motivos, resulta trascendental presentar propuestas al gremio minero artesanal para que se obtenga mayor producción y, por ende, incrementar sus ingresos y mejorar su calidad de vida.

ENCAMINADOS A LA METODOLOGÍA

La integración de FAMA con SDSN-México permite ingresar en el ámbito de la articulación de actores que con sus conocimientos ayudarán a FAMA a consolidar un plan de acción inmediata, primeramente, para el proyecto "Las Minitas" y posteriormente a largo plazo, el diseñar un plan para las réplicas de este proyecto piloto. Dentro de la estrategia de trabajo, FAMA considera la necesidad de definir alianzas que conformen una red de apoyo técnico que involucre la unión de conocimientos, recursos y que ello beneficie a la pequeña minería. Lo anterior se sustenta en la identificación de necesidades y prioridades que encaminen a la capacitación en la extracción segura



Geológicamente es dominado por rocas metamórficas de variedades mármol y *hornfels-skarn* con mineralización de tungsteno [7], donde además ocurre fallamiento, que provoca una importante segmentación estructural. El mármol es la roca de interés industrial donde el principal mineral constituyente es la calcita, y es el objeto de extracción artesanal para ser comercializado como marmolina, el cual es utilizado como suplemento alimenticio en las granjas avícolas, también en la industria del cemento y como piedra de jardín. El Mármol es una roca dimensionable que pertenece a los yacimientos no metálicos y se explotan a nivel mundial y dependiendo de sus características llegan a tener impor-



tancia dentro de su uso, ya sea en las esculturas, en la construcción y como ornamento. México cuenta con yacimientos en diferentes Estados y está dentro de las estadísticas de los principales productores de este material (Figura 3).



Figura 3. Distribución mundial de los principales productores de mármol y su conceptualización de la Cantera “Las Minitas” en México (Fuente interna de FAMA).

El mármol de la cantera “Las Minitas” es una potencial fuente de recursos que ha quedado completamente rodeado por el alcance ciudadano (Figura 1C) y su extensión finalmente se restringió a un sector elevado al poniente del cerro El Apache (SW). Sobre este extremo existe el espacio para la operación que realizan, sin embargo, hacia el oriente ya existen algunas construcciones con materiales muy endeables por lo que el riesgo de caída de rocas pudiera ocasionar algún accidente.

Por otra parte, en la etapa inicial de esta investigación, se observó cómo se labora en la cantera, detectándose la falta de equipo de seguridad para que el personal realice



sus labores de forma segura (Figuras 4 y 5). Otro punto importante es que se contratan trabajadores de la tercera edad, esto con el fin de poder cumplir con la meta establecida de extracción de mineral. Por otro lado, debido a que ya no cuentan con la autorización para el uso de explosivos por quedar inmersos en el sector urbano, la explotación se realiza con equipo rudimentario como son las barras y marros. La maquinaria utilizada es mínima y se restringe prácticamente para la trituración de la roca a diferentes medidas.





Figura 4. Las fotografías muestran la zona de extracción artesanal de calcita, A) Visualización de maquinaria improvisada como armazones (uso de contenedores metálicos de 200 L como tolvas), fotografía tomada por: Ing. Francisca Monge Amaya, integrante de FAMA; y B) Mineros Artesanales de la Cantera “Las Minitas”. En la fotografía se puede apreciar la falta de equipo de seguridad y materiales de trabajo adecuados, lo cual evidencia las carencias que se tienen para la extracción. Fotografía tomada por: Lic. Narciso Navarro Gómez, colaborador de FAMA.

En el sitio existen algunas obras viejas conocidas como las minitas del cerro “El Apache” donde en décadas pasadas, hubo extracción de minerales de tungsteno como la scheelita, la cual durante la segunda guerra mundial fue vendida a Estados Unidos de América [6]. Esas pequeñas obras mineras se encuentran expuestas y constituyen un factor de riesgo.

Por lo anterior, para lograr la minería artesanal sostenible en “Las Minitas”, se busca involucrar una extracción responsable, la mitigación de los riesgos geológicos en la zona de extracción y el respeto del medio ambiente. En la etapa en la que se encuentra este proyecto, se requiere de alianzas a nivel estatal y/o nacional, para implementar una vinculación con instituciones públicas y privadas que muestren interés y puedan apoyar esta iniciativa para beneficio de la comunidad hermosillense.

METAS

Las metas principales que se pretenden obtener con este estudio son: (1) información histórica del sitio; (2) construir mapa topográfico del lote minero y de los tajos existentes; (3) elaborar un plano geológico-estructural para evaluar el riesgo geológico de la zona y realizar la caracter-



ización de los diferentes materiales; (4) realizar un estudio geofísico y de mecánica de rocas para evaluar el macizo rocoso y caracterizar sus competencias físicas; (5) realizar la evaluación del estado de seguridad con que están operando y evaluar el riesgo a la salud por exposición a los materiales de extracción; y (6) obtener un estudio sobre los usos de los minerales que se extraen actualmente y de otros que no estén aprovechando, y finalmente proponer nuevos mercados para estos materiales.

Finalmente, una importante meta importante es la formación de comunidades en las buenas prácticas de la minería y la formación de recursos humanos, además de que éste primer proyecto, permitirá ser la base sólida para dar apoyo a otros sectores vulnerables en futuros proyectos.

UN LLAMADO A LA ACCIÓN

En la minería formal existen normas bien establecidas sobre la seguridad y el cuidado al medio ambiente que deben de acatarse. Sin embargo, la existencia de minería mal realizada, diseñada y planificada crea problemas de tipo social, ambiental y legal, que afectan tanto al grupo de la minería artesanal como al de la pequeña minería. Las malas prácticas conllevan a situaciones que pueden ser graves ante la falta de orientación para la operación de la minería a pequeña escala, y un caso muy claro es la situación de inseguridad con la que conviven diariamente los trabajadores, ya que, en muchas ocasiones el conocimiento heredado, no es suficiente para la prevención de riesgos que pueden desencadenar en la pérdida de la vida de los trabajadores operantes y de terceros. Es por ello que, se requiere la realización de un programa de seguridad para este tipo de minería, que incluya la información de las normas y leyes



sobre minería y seguridad, así como el apoyo para el uso de equipo de protección personal, señalización, etc.

FAMA se accionará para otorgar las herramientas suficientes que permitan al minero artesanal tener el respaldo geológico-minero suficiente para acceder a apoyos económicos, así la acción estará dirigida en la capacitación que conlleve a eficientizar la extracción de rocas y minerales, sumando con ello la innovación de nuevos productos que permitirán a la comunidad de minería artesanal, proveer y alcanzar nuevos mercados, fortaleciendo así a la industria y a sus trabajadores en beneficio de sus respectivas familias. Paralelamente, como plan de acción integral se implementará la formación de comunidades en las buenas prácticas de la minería y la formación de recursos humanos y con ello será posible forjar bases sólidas para dar apoyo a otros sectores vulnerables en futuros proyectos que tengan como fundamento una minería responsable, legal y sostenible.

Finalmente, en el transecto a la consolidación del proyecto FAMA dentro del Banco de Proyectos de SDSN México, fue invitado a formar parte colaborativa en el proyecto CONACYT PRONACES-REA (dirigido por la Dra. Diana Meza, integrante de FAMA), el cual es un proyecto de alta incidencia en los ODS para la solución de problemáticas de impacto ambiental en la minería y su incidencia en FAMA se fortalecerá grandemente ya que brindará conocimiento y soporte económico para el inicio. Con esta alianza, además de continuar en acción, se vislumbra la réplica de “Las Minitas” con un segundo proyecto con el tema de la minería artesanal de cobre en la concentradora vieja de Cananea, Sonora con la finalidad de brindar soluciones a casos mineros de alta incidencia en el medio ambiente y la salud humana.

CONCLUSIONES

Al encaminar los conocimientos heredados de la minería artesanal a las buenas prácticas de extracción de mineral o roca, para éste primer programa piloto de trabajo

interdisciplinar significaría afianzar un compromiso mutuo entre FAMA y la comunidad de minería artesanal de “Las Minitas”, por lo que se requieren alianzas académicas, de entidades locales, públicas, de laboratorios públicos y privados, además de requerir soporte de entidades financieras.

FAMA es el primer proyecto en su categoría en tomar medidas para accionar el potencial de la minería artesanal, en trabajar para poner a México en las estadísticas de contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, donde la perspectiva de FAMA además es analizar prioridades para contribuir a la prolongación de la vida del trabajo artesanal.

AGRADECIMIENTOS

FAMA agradece al Sr. Liberato Rembao, por permitir realizar investigaciones en su lote minero “Las Minitas”. Este documento se elaboró en asociación al proyecto Fortaleciendo a la Minería Artesanal Sostenible: “Unidos para recuperar una actividad ancestral”, el cual está incluido dentro del Banco de Proyectos de la Red de Desarrollo Sostenible de México (SDSN-MX) para impulsar iniciativas de apoyo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la ONU. También este trabajo tiene el apoyo del proyecto FORDECYT-PRONACES 309959.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Araux-Sánchez E., Vega-Granillo R., López-Estrada L., (2011). Mineralogía; Editorial: Universidad de Sonora. Colección de textos académicos no. 49, Editorial Universidad de Sonora, 233pp.
- [2] Fairmined 2014. Impulsando buenas prácticas de Minería Artesanal y de Pequeña Escala en el contexto Latinoamericano: El estándar de la Minería justa Fairmined. Alianza por la Minería Responsable, Editorial Trendy, p. 82.
- [3] <http://artisanalmining.org/Inventory/>, 2021. Recuperado el 15 de enero de 2021, de Artisanal Mining website: «<http://artisanalmining.org/Inventory/>».
- [4] González-Sánchez, F., y Camprubí, A., 2010. La pequeña minería en México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, volumen 62, núm 1, 2010, p. 101-108.
- [5] Servicio Geológico Mexicano, 2019. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2018. Editado por el Servicio Geológico Mexicano, publicación No. 48, p. 544.
- [6] «<https://economiasonora.gob.mx/portal/mineria/>», 2021. Recuperado el 15 de enero de 2021, de Secretaría de Economía, website: «<https://economiasonora.gob.mx/portal/mineria/>».
- [7] Mendoza-Córdova, A., 2005. Caracterización química y mineralógica del Skarn de Tungsteno en el Palo Verde, en Hermosillo, Sonora, México. Tesis de Maestría en Ciencias Geología, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, p.112.

Cómo citar este artículo:

Araux Sánchez, E., Gómez Valencia, A., Ibarra Torúa, G. K., & Meza Figueroa, D. M. (2021). FORTALECIENDO A LA MINERÍA ARTESANAL SOSTENIBLE: PROYECTO PILOTO “LAS MINITAS, SONORA MÉXICO”. EPISTEMUS, 14(29). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.147>

MÉTODOS CUANTITATIVOS EN PALEOECOLOGÍA DE COMUNIDADES

Quantitative methods in community paleoecology

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Francisco Javier Cuen Romero ¹
 Héctor Arturo Noriega Ruiz ²
 Elizabeth Chacón Baca ³
 Rogelio Monreal ⁴
 Reyna Amanda Castillo Gámez ⁵

Recibido: 15/03/2021

Aceptado: 02/08/2021

Publicado: 13/08/2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.138>

Autor de Correspondencia:

Francisco Javier Cuen Romero

Correo: francisco.cuen@ciencias.uson.mx**Resumen**

En este trabajo se describen los métodos cuantitativos más comunes empleados para la caracterización de paleocomunidades, estableciendo una guía breve y simple que incluye los principales índices utilizados en paleoecología. La secuencia combina atributos que incluye los siguientes pasos: 1) estimar patrones espaciales, 2) coleccionar, identificar y cuantificar el material paleontológico, 3) determinar la diversidad de especies mediante índices ecológicos, métodos de rarefacción, así como coeficientes de similitud y diferenciación composicional. Esto conlleva finalmente a poder reconocer atributos como el número y abundancia relativa de las especies, la naturaleza de sus interacciones y la estructura física de las comunidades. El conocimiento de los cambios ecológicos que han ocurrido en el pasado geológico contribuye no sólo a mejorar el entendimiento y manejo de los ecosistemas actuales, sino a fundamentar predicciones documentadas sobre las posibilidades futuras de cambio en uno o varios parámetros.

Palabras clave: paleoecología, paleocomunidades, índices ecológicos.

Abstract

This work describes the most common quantitative methods for characterization of paleocommunities and proposes a brief and simple guide that includes the main indicators used in paleoecology. The sequence combines the following steps: 1) estimating spatial patterns, 2) collecting, identifying, and quantifying paleontological material, 3) determining species diversity through ecological indicators, rarefaction methods, as well as compositional, similarity, and differentiation coefficients. This stepwise progression finally results in the recognition of attributes such as number and relative abundance of species, the nature of their interactions and the physical structure of communities. The knowledge of past ecological changes not only improves our understanding and management of current ecosystems, but also helps to predict and elaborate educated guesses about possible future changes in one or several parameters.

Keywords: paleoecology, paleocommunities, ecological indices.

¹ Doctor, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, Correo electrónico: francisco.cuen@ciencias.uson.mx

² Candidato a doctor, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, Correo electrónico: hector.noriegar93@gmail.com

³ Doctora, Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. Correo electrónico: cienciafct@gmail.com

⁴ Doctor, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, Correo electrónico: rogelio.monreal@unison.mx

⁵ Doctora, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, Correo electrónico: reyna.castillo@unison.mx

INTRODUCCIÓN

La humanidad desde tiempos remotos, se ha interesado en entender la naturaleza de los organismos y su comportamiento en condiciones naturales. La ecología es la ciencia y rama de la biología que estudia las relaciones entre los seres vivos en su medio ambiente, analizando las interacciones entre los diferentes grupos de organismos y su ambiente. Así, la ecología se encarga del flujo de materia y energía a través de los diferentes procesos entre los organismos y su ecosistema, enfocándose en factores bióticos (p.e. redes tróficas, mutualismos, especies clave) y abióticos (como temperatura, salinidad, luminosidad, humedad, presión, entre otros), los cuales influyen en su desarrollo, así como en los procesos biológicos, distribución y abundancia de los organismos [1] [2]. El análisis de estos factores permite entender la forma en que dichos factores afectan la manera en que los organismos interactúan con el medio ambiente [3] [4]. Todas estas interacciones permiten un intercambio de materia y energía, y como resultado un sistema biológico funcional, el cual es dividido en diferentes niveles de organización ecológica como son la población, la comunidad, el ecosistema y la biósfera.

Los estudios ecológicos analizan las interacciones geobiológicas de los organismos a diferentes escalas a través del espacio y el tiempo. Este análisis incluye desde elementos locales hasta globales, los cuales incluyen los diferentes niveles de organización del mundo biológico como son: individuos, población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera; entre éstas, la comunidad es la unidad ecológica funcional más comúnmente utilizada en paleoecología [2].

Una comunidad se define como el conjunto de poblaciones que interactúan de manera directa o indirecta en espacio y tiempo. Por lo tanto, el estudio de la ecología de comunidades del pasado (paleocomunidades), basado en fósiles, se denomina paleoecología de comunidades. Una paleocomunidad representa grupos de organismos que vivieron en lugares únicos durante un tiempo dado (Figura 1). Las asociaciones fósiles se encuentran relativamente li-

mitadas debido a que demuestran la composición general de una porción de la comunidad que se preservó, sin embargo, enfatizan la fuerte señal ecológica que transmiten estos grupos fósiles.



Figura 1. Paleocomunidad del Período Cámbrico en Sonora, donde se han conservado diferentes especies de trilobites. Estos organismos compartieron relaciones intra e interespecíficas. Tomado de Noriega-Ruiz, 2019 [5].

La paleoecología es una rama de la paleontología, que estudia la ecología del pasado con base en datos empíricos derivado de los fósiles [6]. Los fósiles son considerados como indicadores naturales para datación, y a su vez, sirven para inferir la variabilidad ambiental y el comportamiento de los organismos que prevalecieron en distintos ecosistemas del pasado geológico, y que se conservaron en las rocas (Figura 2).



Figura 2. Detalle de un macizo rocoso siendo descrito por un geólogo en una localidad de Sonora, México.

La paleoecología permite determinar los principales procesos ecológicos en un corto período, la respuesta de una comunidad en un rango de escalas temporales y espaciales, las características y la dinámica de los sistemas bio-





lógicos que ocurrieron miles o millones de años anterior a la actividad humana [7], y a la influencia antropogénica sobre la biota; lo anterior incluye la evaluación de respuesta de las especies en condiciones ambientales con cambios de magnitudes bastante diferentes a los que ocurren hoy en día [8]. En suma, la paleoecología proporciona una vista retrospectiva de la historia de la biota y ambientes en escalas temporales relevantes para los ecólogos modernos, por lo que es potencialmente importante para comprender y predecir cómo los ecosistemas modernos responderán al cambio climático y cómo ha ido respondiendo a los diferentes cambios a lo largo de la evolución biológica [9]. Los enfoques experimentales y la medición directa de parámetros ambientales utilizados por la ecología moderna son relativamente imposibles para la paleoecología, debido a diversos procesos biológicos, químicos y geológicos que complican la identificación de estructuras taxonómicas originales de una comunidad, y a su vez, complican el análisis de paleoecología comunitaria. En estos procesos interfieren diversos factores como es la tafonomía y la conservación de partes blandas en el registro fósil. Es por ello

por lo que la paleoecología de poblaciones resulta ser aún más complicada, debido a la falta de información sobre las partes blandas y la anatomía correspondiente de un organismo.

Así, la paleoecología establece un marco que vincula conceptos como tiempo geológico, cambio climático, adaptación, supervivencia, extinción, impacto humano e interacciones ecológicas [7], y también se relaciona directamente con otras ramas de la geología como la sedimentología y la estratigrafía, incluso con el estudio de ambientes sedimentarios modernos [8] [10].

El muestreo es una parte fundamental en la realización de estudios paleoecológicos, dado que provee la información necesaria que posteriormente será interpretada en función de diversos índices ecológicos. Las muestras de rocas con contenido fosilífero, así como las que no contienen fósiles son importantes, debido a que hablan de cambios en la biota a través del tiempo, permitiendo distinguir causas como la extinción biológica y/o características del muestreo. El muestreo por parcelas de aproximadamente 1 x 1 m en estratos rocosos permite registrar y coleccionar ejemplares, teniendo en cuenta la densidad poblacional de estos, además de obtener información como ejemplares completos, articulados y/o desarticulados con partes en estrecha proximidad anatómica para su posterior identificación taxonómica. Una vez concluido el muestreo, casi siempre estratificado y/o sistemático en las unidades litológicas en intervalos regulares, es necesario evaluar la distribución espacial de los individuos de la paleocomunidad. Estos patrones espaciales determinan el establecimiento y desarrollo de los individuos en un ambiente específico [11].

Posterior a la identificación taxonómica y el registro cuantitativo de individuos y especies, se deben conocer



atributos como dominancia, riqueza y equitatividad de especies, similitud de comunidades, la naturaleza de las interacciones y la estructura física de la comunidad. Además de la mezcla de especies e interacciones entre estas (estructura biológica), las comunidades se caracterizan por sus propiedades físicas [12]. Por lo tanto, comúnmente se utilizan diversos índices ecológicos que permiten representar una aproximación de la dinámica ecológica de una comunidad, que interaccionan de manera directa o no, entre los que destacan los índices de diversidad (riqueza y equitatividad de especies), similitud y rarefacción.

Este trabajo proporciona una visión general sobre la importancia de la paleoecología y los métodos cuantitativos más comunes empleados para estudiar la estructura de las paleocomunidades. Además, su importancia también radica en la gran cantidad de localidades fosilíferas en México, en los cuales es posible realizar estudios paleoecológicos, y, por lo tanto, que ayuden comprender la existencia de diversos recursos naturales, así como discutir sobre temas asociados al cambio climático, y tratar de predecir la respuesta de los ecosistemas al episodio actual de cambio ambiental global.

MÉTODOS CUANTITATIVOS

El uso de criterios cualitativos es generalmente subjetivo, así que el problema se resuelve utilizando lo que se conoce como "datos duros" es decir, conteos y aproximaciones expresadas mediante números. La utilización de métodos cuantitativos en paleoecología ha mejorado en años recientes debido a los avances en los instrumentos de medición digital, facilidad de almacenamiento de cantidades enormes de resultados en forma numérica, además de permitir la apreciación de variaciones sutiles que sólo pueden ser documentadas con cifras numéricas [13] [6]. Años de investigación han permitido el desarrollo de diversos índices ecológicos, los cuales se pueden resumir de la siguiente manera: dominancia, diversidad (riqueza y equitatividad de especies), similitud y rarefacción.

Distribución espacial de los individuos

Actualmente existen tres patrones espaciales básicos [11], los cuales se pueden estimar mediante la relación de la media (μ) y la varianza (σ^2) del número de individuos por unidad muestreada: 1) distribución aleatoria, 2) distribución uniforme y 3) distribución agregada. Cabe mencionar, sin embargo, que existen otros métodos cualitativos cuyo uso depende especialmente del tipo de fósiles que se esté investigando [6].

La distribución aleatoria está representada por $\sigma^2 = \mu$, y sugiere que la variación del número de individuos por parcela sigue una distribución de Poisson. Especialmente, la distribución aleatoria, no presenta ningún orden, por lo cual la distribución de cada individuo se presenta de forma independiente con respecto a los demás. La distribución aleatoria en una población involucra homogeneidad ambiental y/o patrones de conducta no selectivos (Figura 3).



La distribución uniforme se representa por $\sigma^2 < \mu$, y sugiere que la variación del número de individuos por parcela es menor a lo esperado, entonces el patrón será más uniforme que aleatorio. Los individuos distribuidos uniformemente se encuentran distribuidos en el espacio de manera más o menos equitativa. Por lo general, se relaciona con una interacción negativa entre individuos, como la competencia por el alimento o el espacio, manteniendo distancias equivalentes entre los miembros de una población (Figura 3).

La distribución agregada está representada por $\sigma^2 > \mu$, y sugiere que, si la presencia de un individuo en un punto determinado aumenta la probabilidad de que haya otra cerca, entonces el patrón espacial será agregado. La distribución agregada resulta ser la más común en donde los individuos se encuentran agrupados, resultado de varios factores como un comportamiento gregario, el modo reproductivo, la heterogeneidad ambiental, la disposición de los recursos, entre otros (Figura 3).

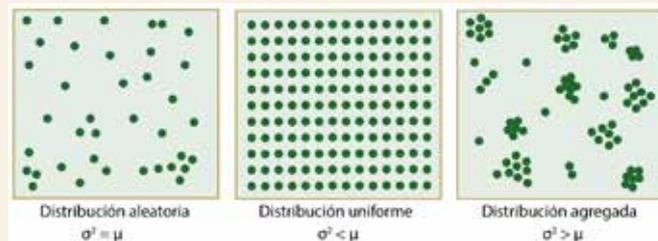


Figura 3. Patrones de distribución espacial (Modificado de Smith y Smith, 2007) [12].

Se han identificado varios factores causantes de la distribución espacial de los organismos dentro de una comunidad [14]: 1) Factores ambientales como son corrientes de agua, viento, y gradientes de luz y temperatura. 2) Factores de reproducción, como la clonación y regeneración. 3) Fac-



tores sociales debido al comportamiento innato, como es el comportamiento territorial. 4) Factores coactivos, como interacciones intraespecíficas (competencia). 5) Factores estocásticos resultantes de variaciones aleatorias de los factores antes mencionados.

Riqueza y abundancia de especies

Las distribuciones espaciales demuestran la interacción de especies dentro de una asociación, mismo que está estrechamente relacionado con la diversidad de especies. A mayor diversidad, mayor diversidad de interacciones entre las especies. Los principales componentes relacionados con la diversidad son la riqueza y la abundancia de especies, los cuales son posibles de obtener en un muestreo paleoecológico.

La curva de rango-abundancia constituye uno de los métodos de uso más frecuente para comparar la riqueza de especies y abundancia entre comunidades. El diagrama muestra una distribución logarítmica de las abundancias relativas, donde las frecuencias de cada especie se delimitan en orden decreciente con respecto a la secuencia de especies, representando una aproximación a la estructura biológica de la comunidad [15]. Para entender mejor el concepto anterior se presenta el siguiente ejemplo.

En un área determinada, se realiza un estudio paleoecológico donde se han cuantificado 232 individuos distri-



buidos en 16 especies identificadas (riqueza de especies), esto con base en la colecta de cuatro muestras. La muestra 1 contiene un total de 50 individuos distribuidos en tres especies; la muestra 2 posee un total de 64 individuos distribuidos en tres especies; la muestra 3 contiene un total de 37 individuos distribuidos en cuatro especies; y la muestra 4 posee un total de 81 individuos distribuidos en siete especies (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de especies en cada muestra colectada. Estimar la abundancia relativa de cada especie en muestras determinadas permite identificar cambios en la diversidad. Cada muestra contiene especies dominantes, subordinadas y raras, además de observar las distintas sucesiones de biota, riqueza de especies, y grupos funcionales.

Especies	Abundancia	Abundancia relativa (%)
Muestra 1		
<i>Amecephalus</i> sp.	23	46
<i>Fieldaspis</i> sp.	17	34
<i>Hyolithes</i> sp.	10	20
Total	50	100
Muestra 2		
<i>Scenella</i> sp.	26	40.6
<i>Ptychagnostus atavus</i>	19	29.7
<i>Hypagnostus parvifrons</i>	19	29.7
Total	64	100
Muestra 3		
<i>Modocia typicalis</i>	14	37.8
<i>Girvanella</i> sp.	13	35.1
<i>Prototreta attenuata</i>	8	21.6
<i>Acrothele</i> sp.	2	5.4
Total	37	100
Muestra 4		
<i>Planolites</i> sp.	21	25.9
<i>Modocia typicalis</i>	21	25.9
<i>Lingulella</i> sp.	20	24.7
<i>Bathyriscus</i> sp.	9	11.1
<i>Chancelloria</i> sp.	4	4.9
<i>Micromitra</i> sp.	3	3.7
<i>Pelagiella</i> sp.	3	3.7
Total	81	100

Los datos representados en Tabla 1 proporcionan una idea más clara sobre la estructura de la comunidad debido a que se muestra la abundancia y abundancia relativa de especies, así como la dominancia y riqueza de especies. Con base en dicha tabla, es posible realizar un diagrama de rango-abundancia para visualizar las frecuencias relativas de diversas especies de un determinado sitio, como el siguiente (Figura 4):

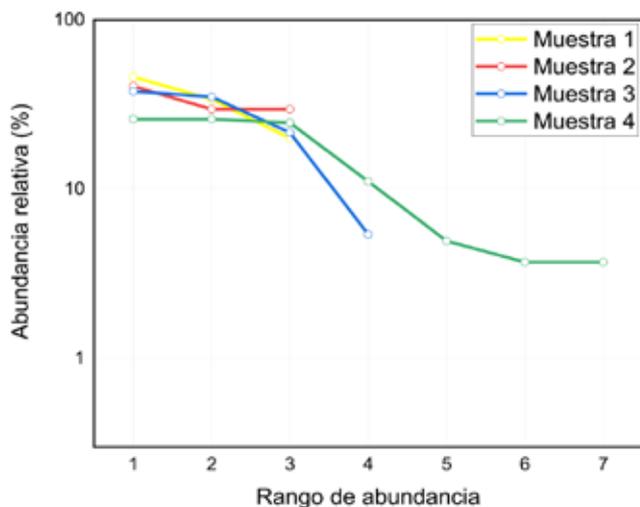


Figura 4. Diagrama rango-abundancia de las especies distribuidas en las muestras colectadas del sitio. El rango de abundancia varía desde el organismo más abundante hasta el de menor abundancia (eje x), y la abundancia relativa se expresa en un eje \log_{10} . La aplicación de curvas de rango-abundancia se encuentran menos limitadas por los cambios taxonómicos que otros métodos cuantitativos, lo que permite evaluar la respuesta ecológica del conjunto de diferentes organismos ante el estrés ambiental en el ecosistema.

Índices ecológicos

Algunos autores han realizado análisis exhaustivos sobre los diversos índices ecológicos que han sido propuestos para medir la diversidad de especies, concluyendo que existen ventajas y desventajas en cada método, y todo depende de seleccionar el método más adecuado para un caso en particular [16] [17]. Existen decenas de índices ecológicos propuestos por ecólogos que se utilizan para la medición de distintos atributos dentro de una comunidad, como estimar el número de especies existentes en un sitio, comparar biológicamente distintos sitios y determinar la distribución de recursos entre las especies [17]. Los métodos de medición para evaluar la diversidad de especies de comunidades se enfocan en la cuantificación de diversidad alfa, beta y gamma, los cuales comprenden los cambios de la biodiversidad relacionado a la estructura del entorno.

Para establecer una interpretación más sólida sobre la estructura de una comunidad, es necesario aplicar índices de diversidad, los cuales toman en cuenta variables como el número y la abundancia relativa de las especies dentro de las comunidades. Dado que existen numerosos métodos, en el presente trabajo se describen algunos de los principales índices ecológicos como Dominancia y Equitatividad de Simpson [18], Diversidad de Shannon [19], riqueza de especies de Menhinick [20], Riqueza Total de Chao [21], así como también las curvas de rarefacción [22] [23].

Índice de Diversidad de Simpson

El índice de Simpson (1949) mide la dominancia de especies o baja equidad de especies, en donde los valores numéricos aumentan a medida que disminuye la diversidad [24] [25]. El índice de Simpson (D) calcula la probabilidad de que dos individuos muestreados de manera azarosa pertenezcan a la misma especie (categoría). Estos valores numéricos de D son representados por valores en una escala de probabilidad de 0 a 1. La ausencia de diversidad implica que existe solo una especie (dominancia), por lo que el valor de D es 1. En este índice se estima mediante la siguiente relación (Ecuación 1), donde: S = Es el número total de especies, N = Número total de organismos presentes, y n = Número de ejemplares por especies.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (1)$$

Por otro lado, el índice de diversidad de Simpson calcula la posibilidad de que dos individuos, muestreados de manera azarosa, pertenezcan a diferentes especies, es decir, ahora el valor se incrementa con la diversidad, y está representada por el método (Ecuación 2):

$$\text{Índice inverso de Simpson} = \frac{1}{D} \quad (2)$$

Se ha sugerido que el índice de Simpson es posible que sea afectado por la abundancia de dos o tres especies abundantes dentro de una comunidad. Mediante un método gráfico, Loya (1972) representó la relación de los valores de diversidad de Simpson y el número de especies, determinando que el índice de Simpson alcanza valores máximos después de encontrar las primeras 10 a 12 especies, concluyendo que se trataba principalmente de un índice de uniformidad como el índice de Shannon (1949) [24] [26]. Los índices basados en dominancia son parámetros inversos al concepto de equidad de la comunidad.

Índice de Equitatividad de Simpson

La diversidad de especies en una comunidad implica tanto la riqueza de especies como la equitatividad de especies. Por un lado, la riqueza de especies es una medida del total de especies de la comunidad; mientras que la equitatividad de especies expresa como eventualmente los individuos de la comunidad se distribuyen entre las distintas especies. Algunos autores incorporan ambos índices para la estructura de una comunidad, sin embargo, otros autores señalan que para que el índice de equitatividad sea útil debe ser independiente de una medida de riqueza de especies [27]. El Índice de Equitatividad de Simpson se calcula de la siguiente manera (Ecuación 3): donde S = Número de especies y D = Índice de Simpson.

$$\text{Equitatividad de Simpson} = \frac{1/D}{s} \quad (3)$$

Lo anterior, demuestra que el índice de equitatividad es una variante del índice de Simpson. De manera similar, a



través de la curva de rango-abundancia, la riqueza y equitatividad de las especies se puede evaluar intuitivamente, donde la mayor riqueza de especies (número de especies) está representada por la mayor extensión de la curva, y la distribución individual de cada especie es más equitativa (equitatividad de especies), lo cual se refleja en el gradiente más gradual de la curva, pero este tipo de gráfico no cuantifica las diferencias observadas [12].

Índice de Diversidad de Shannon

Se utiliza frecuentemente para cuantificar la diversidad de forma específica [19]; es una medida intuitiva de diversidad ya que la certidumbre aumentará a medida que aumenta la diversidad de especies en una comunidad. Mide la información de los individuos en muestras obtenidas de forma azarosa, en donde todas las especies se encuentran representadas en las muestras y pueden ser calculadas mediante la siguiente ecuación (Ecuación 4): donde P_i es la proporción de individuos pertenecientes a la especie i en la muestra.

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i \quad (4)$$

Para estimar la probabilidad de registrar dos especies cuando se seleccionan dos individuos al azar, se obtiene el Índice de Equitatividad de Simpson ($1-D$), mientras que para estimar la incertidumbre de registrar dos individuos de diferentes especies se utiliza el Índice de Diversidad de Shannon (H'). Teóricamente, si los índices de Shannon y de Equitatividad de Simpson obtuvieran valores cercanos a 1 esto indicaría que se conserva la diversidad y no se presenta dominancia de especies.

No obstante, este índice es sensible tanto al número de especies como a la equitatividad en el número de individuos entre las diferentes especies. El índice de Pielou es otro de los índices ecológicos que estiman la relación de la diversidad observada en una comunidad con la diversidad máxima esperada, esto último como resultado hipotético si la distribución de las abundancias de las especies en la

comunidad es completamente equitativa. El índice de Shannon y de Pielou son utilizados para medir la equidad y su relación con la riqueza de especies; sin embargo, el índice de Shannon varía con la cantidad absoluta de especies en una asociación, mientras el índice de Pielou intenta de normalizar este índice [28].

Índice de Diversidad de Menhinick

El índice de diversidad de Menhinick (1964) [20], mide la riqueza de especies de manera independiente al tamaño de la muestra y considera la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, donde (Ecuación 5): S = Número total de especies y, N = Número total de individuos observados.

$$D_{mn} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (5)$$

Este índice ajusta de alguna manera el número de especies por el número de individuos encontrados en la muestra.

Riqueza Total de Chao

Por otro lado, para estimar el número de especies esperadas o riqueza total de especies es necesario utilizar la Riqueza Total de Chao (2005) [21], el cual considera la relación de las especies que se representan por un solo individuo (singleton) y el número de especies que se representan por dos individuos (doubleton). El método se calcula mediante la fórmula (Ecuación 6): donde S = Número total de especies, F_1 = Número de especies singleton y, F_2 = Número de especies doubleton.

$$Ch = S + \frac{F_1(F_1-1)}{2(F_2+1)} \quad (6)$$

Índices de similitud

Se sabe que la diversidad de especies que habitan una comunidad no se distribuye generalmente de forma uniforme, sino que presenta variaciones debido a factores que operan a distintas escalas como el clima, asilamientos, barreras geográficas, extinciones, entre otros. Por ello, los coeficientes de similitud y diferenciación composicional son herramientas fundamentales para la evaluar la diversidad de las especies, ya que describen cambios en la composición de especies por medio de distintos gradientes ambientales [29].

Basado en la presencia y ausencia de especies en una región determinada, la similitud composicional comprende de tres tipos de diversidades: 1) la diversidad alfa (α) que consiste en la diversidad local distribuida dentro de un solo tipo de hábitat; 2) la diversidad beta (β) que comprende una región geográfica más amplia en donde el cambio de la composición de especies se establece entre diferentes hábitats; y 3) la diversidad gamma (γ) que corresponde a la diversidad total de las especies en las comunidades de una localidad geográfica [12].

Índice de Jaccard

El Índice de Jaccard (1908) [30], es uno de los primeros índices enfocados en la cuantificación de la diversidad alfa, beta y gamma, y que son empleados para comparar la similitud entre diferentes comunidades. Por otro lado, el índice de Jaccard ha sido considerado exclusivamente cualitativo y que no examina el grado de participación de cada especie en la dominancia ecológica [31]. El Índice de Jaccard puede expresarse de varias formas. Un enfoque común es el siguiente (Ecuación 7): donde S_1 = Número de especies en el área a, S_2 = Número de especies en el área b, y C = Número de especies que están presentes en las dos áreas.

$$J = \frac{C}{S_1 + S_2 - C} \quad (7)$$

En este caso, los valores oscilan entre 0 y 1, el valor que se aproxima a 1 indica mayor similitud. El Índice de Jaccard es el cociente de la intersección entre la suma de todo lo no común, cuando la intersección es nula, $J=0$, y cuando los compuestos son idénticos, $J=1$.

Índice de Sorensen

El índice de Sorensen (1948) [32], es un parámetro estadístico (abreviado como CC) que se utiliza frecuentemente para comparar la similitud entre dos comunidades según la composición de especies, y es enfocado hacia la comparación de la diversidad beta. Dicho índice considera la presencia y ausencia de especies, de modo que se enlista género y/o especie entre ambas comunidades para establecer la comparación. El índice de Sorensen se calcula de la siguiente manera (Ecuación 8): donde S_1 = Número de especies presentes en el área 1, S_2 = Número de especies presentes en el área 2, y C = Número de especies que están presentes en las dos áreas.

$$CC = \frac{C}{S_1 + S_2} \quad (8)$$

Los valores oscilan entre 0 y 1, donde el valor cercano a 0 indica que las composiciones entre las comunidades no presentan alguna similitud; por el contrario, el valor 1 indica que las composiciones entre las comunidades son idénticas.

Curvas de rarefacción

Otro factor que influye en la obtención de los datos es la cantidad de ejemplares utilizados para realizar el muestreo, ya que es posible que se observen diferencias respecto a la muestra estándar o de referencia. La rarefacción asume que todos los individuos tienen probabilidad de ser muestreados en el área de estudio, ya que estos se distribuyen al azar en el ecosistema [23].

Esta técnica fue desarrollada por Sanders (1968) y modificada por Hulbert (1971). Esta técnica calcula el número de especies esperadas si todas las muestras mantienen el mismo número de individuos muestreados [22]. En otras

palabras, mediante el método de rarefacción se estandariza el tamaño de muestra lo que permite realizar comparaciones de la cantidad de especies entre comunidades; no obstante, la rarefacción estandariza todas las muestras basadas en el tamaño de muestra más pequeña, por lo tanto, se ausenta bastante información de otras muestras [11]. La denominada curva de Coleman [33] similar a la rarefacción, sin embargo, la rarefacción parte de dos premisas básicas: primeramente, asume que los individuos se distribuyen forma azarosa en el ecosistema y, por otro lado, que las muestras son aleatorias (Figura 5) [23].

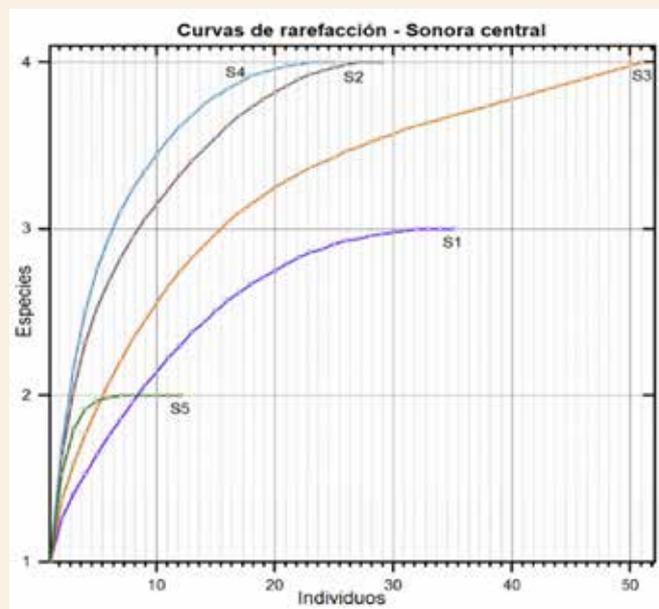


Figura 5. Curvas de rarefacción basadas en el registro y abundancia de organismos fósiles del Cámbrico, distribuidos en una unidad litoestratigráfica del centro del estado de Sonora, México (Tomado de Cuen-Romero et al., 2019) [34]. En este diagrama se observan cinco curvas las cuales corresponden a cinco estratos dentro de la unidad rocosa, y muestra la relación entre individuos y especies de cada estrato. Los círculos indican las especies o individuos que se cuantificaron.

Software

El uso de distintos softwares facilita la evaluación de la estructura de una comunidad, que incluye la elaboración de diagramas rango-abundancia de especies, y la determinación de patrones espaciales y de índices ecológicos. Para el diagrama de rango-abundancia es necesario utilizar algún software o programa informático como Microsoft Excel®, OriginPro®, R software®, SigmaPlot®, Google Sheets®, Tiliat®, entre otros, para el análisis y representación de datos, así como la generación de gráficos.

El software Past 3.x® [35], es uno de los programas gratuitos más comunes para el análisis de datos científicos. A su vez, esta aplicación realiza rarefacciones individuales y

estima diversos índices ecológicos, lo cual lo hace de uso indispensable para biólogos y paleontólogos (Figuras 6 y 7).

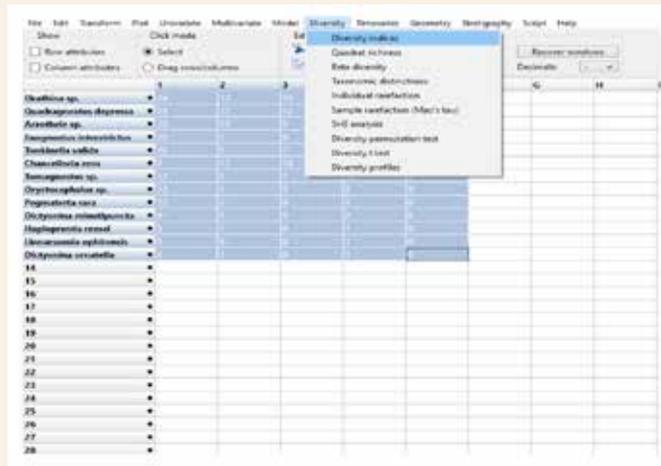


Figura 6. El uso del software 3.x® determina diversos análisis estadísticos. La aplicación permite determinar índices de diversidad y rarefacciones individuales, así como otros estimadores para la diversidad Beta, distinción taxonómica, prueba de permutación de diversidad, prueba de t de diversidad, entre otros.

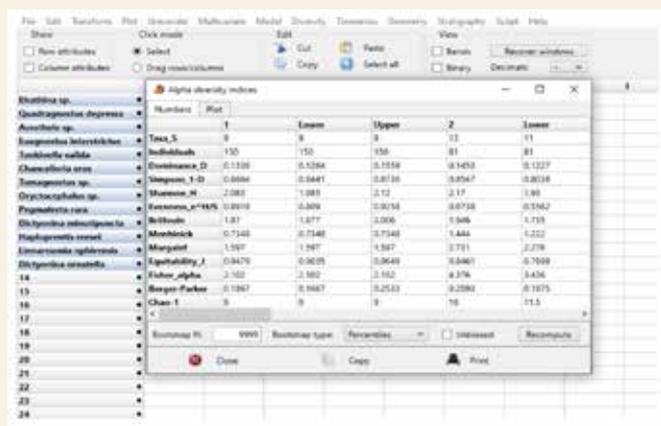


Figura 7. Por medio de la opción “índices de diversidad” es posible conocer los distintos valores para los índices ecológicos anteriormente descritos tales como Índice de Dominancia de Simpson (1949), Índice de Equitatividad de Simpson (1949), Índice de Diversidad de Shannon (1949), Índice de Diversidad de Menhinick (1964), Índice de Riqueza Total de Chao (2005).

Algunas aplicaciones de software gratuitas tales como EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples), Species Diversity and Richness (SDR), BioDiversity Pro y otros paquetes de R Software como BiodiversityR, iNext, entre otros, calculan una variedad de estadísticas y estiman diferentes índices de biodiversidad basados en datos de muestreo biótico. Asimismo, es posible comparar la diversidad o riqueza de dos o más

muestras, producen gráficos de alta calidad y descubren patrones en los datos.

CONCLUSIONES

Actualmente, la paleoecología se perfila como una herramienta fundamental de información para predecir el comportamiento de los ecosistemas en la Tierra ante el episodio actual de cambio ambiental global. Lo anterior se relaciona debido a que, por lo general, los ecólogos estudian los organismos en una escala de tiempo no mayor a 100 años, y se limitan a la duración de un experimento por temporada de campo, mientras que los paleoecólogos estudian organismos de miles o millones de años con base en datos empíricos, que corresponden a los fósiles. Los datos indirectos proporcionan a los científicos evidencia indirecta del cambio ambiental durante períodos anteriores a las grabaciones instrumentales.

La extensa metodología descrita es fundamental para caracterizar la paleocomunidad en un determinado sitio. Una de las principales características de las comunidades es la diversidad de especies. El uso y análisis de rarefacción refleja una combinación de parámetros de diversidad y estructurales dentro de una comunidad, por lo tanto, es posible conocer la naturaleza de sus interacciones y la estructura física.

Mediante el uso de distintos programas informáticos y estadísticos es posible determinar diversos índices ecológicos como lo son Dominancia y Equitatividad de Simpson (1949), Diversidad de Shannon (1949), Índice de Diversidad de Menhinick (1964), Riqueza Total de Chao (2005), coeficientes de similitud y curvas de rarefacción que evalúan la paleoecología del sitio, representando así la comunidad de organismos que interaccionan de manera directa o no, entre los que destacan la dominancia, diversidad (riqueza y equitatividad de especies), similitud y rarefacción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto PRODEP UNISON PTC 301: “Paleoecología de los ecosistemas marinos del Cámbrico de Sonora, México: Bioestratigrafía, Paleobiogeografía y su relación con el cratón de Norteamérica”.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E.P. Odum, G.W. Barrett. Fundamentals of Ecology, 5th ed.: Belmont, CA, Thomson Brooks/Cole, pp. 598, 2005.
- [2] J.S. Lewis, M.L. Farnsworth, C.L. Burdett, D.M. Theobald, D.M. Gray, R.S. Miller, “Biotic and abiotic factors predicting the global distribution and population density of an invasive large mammal”, Scientific Reports, vol. 7, pp. 1–12, March 2017.
- [3] A.W.R. Seddon, A.W. Mackay, A.G. Baker, H.J.B. Birks, E. Breman, C.E. Buck, E.C. Ellis, C.A. Froyd, J.L. Gill, L. Gillson, E.A. Johnson, V.J. Jones, S. Juggins, M. Macias-Fauria, K. Mills, J.L. Morris, D. Nogués-Bravo, S.W. Punyasena, T.P. Roland, A.J. Tanentzap, K.J. Willis, M. Aberhan, E.N. van Asperen, W.E.N. Austin, R.W. Battarbee, S. Bhagwat, C.L. Belanger, K.D. Bennett, H.H. Birks, C. Bronk-Ramsey, S.J. Brooks, M. de Bruyn, P.G. Butler, F.M. Chambers, S.J. Clarke, A.L. Davies, J.A. Dearing, T.H.G. Ezard, A. Feurdean, R.J. Flower, P. Gell, S. Hausmann, E.J. Hogan, M.J.

- Hopkins, E.S. Jeffers, A.A. Korhola, R. Marchant, T. Kiefer, M. Lamentowicz, I. Larocque-Tobler, L. López-Merino, L.H. Liow, S. McGowan, J.H. Miller, E. Montoya, O. Morton, S. Nogué, C. Onoufriou, L.P. Boush, F. Rodriguez-Sanchez, N.L. Rose, C.D. Sayer, H.E. Shaw, R. Payne, G. Simpson, K. Sohar, N.J. Whitehouse, J.W. Williams, A. Witkowski, "Looking forward through the past: identification of 50 priority research questions in palaeoecology", *Journal of Ecology*, vol. 102, no. 1, pp. 256–267, January 2014.
- [4] D. Fraser, L.C. Soul, A.B. Tóth, M.A. Balk, J.T. Eronen, S. Pineda-Munoz, A.B. Shupinski, A. Villaseñor, W.A. Barr, A.K. Behrensmeyer, A. Du, J.T. Faith, N.J. Gotelli, G.R. Graves, A.M. Jukar, C.V. Looy, J.H. Miller, R. Potts, S.K. Lyons, "Investigating Biotic Interactions in Deep Time", *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 36, no. 1, pp. 61-75, October 2020.
- [5] H.A. Noriega-Ruiz, "Litofacies, microfacies y biofacies del Cámbrico del área El Sahuaral, Sonora central: consideraciones paleoecológicas y paleogeográficas". Tesis de Maestría en Ciencias-Geología, Universidad de Sonora, Sonora, México, 2019.
- [6] D.A. Croft, D.F. Su, S.W. Simpson, *Methods in Paleocology: Reconstructing Cenozoic Terrestrial Environments and Ecological Communities*, Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology, Springer Nature Switzerland, 2018.
- [7] S.T., Jackson, J.L. Blois, *Community ecology in a changing environment: Perspectives from the Quaternary*, Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America vol. 112, no. 16, pp. 4915-4921, April 2015.
- [8] D.R. Foster, P.K. Schoonmaker, S.T.A. Pickett, "Insights from paleoecology to community ecology". *Trends in ecology & evolution*, vol. 5, no. 4, pp. 119-122, April 1990.
- [9] J.B. Bennington, W.A. Dimichele, C. Badgley, R.K. Bambach, P. M. Barrett, A.K. Behrensmeyer, R. Bobe, R.J. Burnham, E.B. Daeschler, J.V. Dam, J.T. Eronen, D.H., Erwin, S. Finnegan, S.M. Holland, G. Hunt, D. Jablonski, S.T. Jackson, B.F. Jacobs, S.M. Kidwell, P.L. Koch, M.J. Kowalewski, C.C. Labandeira, C.V. Looy, S.K. Lyons, P.M. Novack-Gottshall, R. Potts, P.D. Roopnarine, C.A.E. Strömberg, H.D. Sues, P.J. Wagner, P. Wilf, S.L. Wing, "Critical issues of scale in paleoecology", *Palaios*, vol. 24, pp. 1-4.
- [10] C.E. Brett, "Paleoecology", in AccessScience, ©McGraw-Hill Companies, 2008.
- [11] J. Ludwig, J. Reynolds, *Statistical ecology. A primer on methods and computing*, A Wiley-Interscience publication, John Wiley & Sons, Inc., pp. 107-144, 2008.
- [12] T.M. Smith, R.L. Smith, *Ecología*. 6a Edición., S.A. Madrid, Pearson Educación, 2007.
- [13] W.J. Sutherland, E. Fleishman, M.B. Mascia, J. Pretty, M.A. Rudd, "Methods for collaboratively identifying research priorities and emerging issues in science and policy", *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 2, pp. 238–247, 2011.
- [14] G.E. Hutchinson, "The Concept of Pattern in Ecology", *Proceedings Academy Natural Sciences of Philadelphia*, vol. 105, pp. 1-12, 1953.
- [15] L. de Bonis, G. Bouvrain, D. Geraads, G. Koufos, "Diversity and paleoecology of Greek late Miocene mammalian faunas", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier Science Publishers B. V., vol. 91, no. 1-2, pp. 99-121, 1992.
- [16] A.E. Magurran, *Ecological diversity and its measurement*, Princeton University Press, New Jersey, 1988.
- [17] C.E., Moreno, *Métodos para medir la biodiversidad*. 1ª edición, Manuales y tesis de la Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza, 2001.
- [18] E.H. Simpson, "Measurement of the diversity", *Nature*, vol. 163, no. 4148, pp. 688, 1949.
- [19] C.E. Shannon, "A mathematical theory of communication". *The Bell system technical journal*, vol. 27, no. 3, pp. 379-423, 1948.
- [20] E.F. Menhinick, "A Comparison of Some Species-Individuals Diversity Indices Applied to Samples of Field Insects", *Ecology*, vol. 45, no. 4, pp. 859-861, October 1964.
- [21] A. Chao, "Species estimation and applications", *Encyclopedia of Statistical Sciences*, 2nd Edition, vol. 12, pp. 7907–7916, 2005.
- [22] H.L. Sanders, "Marine benthic diversity: a comparative study", *The American Naturalist*, vol. 102, no. 925, pp. 243-282, May-June 1968.
- [23] S.H. Hulbert, "The non-concept of species diversity. A critique and alternative parameters", *Ecology*, vol. 52, no. 4, pp. 577-586, April 1971.
- [24] T.M. DeJong, "A comparison of three diversity indices based on their components of richness and evenness", *Oikos*, vol. 26, no. 2, pp. 222-227, 1975.
- [25] P.G. Risser, E.L. Rice, "Diversity in tree species in Oklahoma upland forests", *Ecology*, vol. 52, no. 5, pp. 876-880, September 1971.
- [26] Y. Loya, "Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea", *Marine Biology*, vol. 13, no. 2, pp. 100-123, 1972.
- [27] C.H. Heip, P.M. Herman, K. Soetaert, "Indices of diversity and evenness", *Océanis*, vol. 24, no. 4, pp. 61-87, 1998.
- [28] E.C. Pielou, *The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination*. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1984.
- [29] L. Jost, A. Chao, R.L. Chazdon, *Compositional similarity and beta diversity*, in *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment* (Magurran, A.E. and McGill, B.J., eds.), Oxford University, Chapter 6, pp. 66-76, January 2011.
- [30] P. Jaccard, "Nouvelles recherches sur la distribution florale", *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, vol. 44, no. 163, pp. 223-270, 1908.
- [31] E. Soler, P. Berroterán, J. Gil, R. Acosta, "Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela", *Agronomía Tropical*, vol. 62, no. 1-4, pp. 25-38, 2012.
- [32] T.J. Sørensen, "A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons", *Biologiske Skrifter/Kongelige Danske Videnskaberne Selskab*, Copenhagen: Munksgaard, vol. 5, pp. 1-34, 1948.
- [33] B.D. Coleman, "On random placement and species-area relations", *Mathematical Biosciences*, vol. 54, no. 3-4, pp. 191-215, June 1981.
- [34] F.J. Cuen-Romero, J.E. Valdez-Holguín, B.E. Buitrón-Sánchez, R. Monreal, L.F. Enríquez-Ocaña, E.A. Hinojosa, J.A. Ochoa-Granillo, F.J. Grijalva-Noriega, J.J. Palafox Reyes, "Paleoecology of Cambrian communities of central Sonora, Mexico: Paleoenvironmental and biostratigraphic considerations", *Journal of South American Earth Sciences*, 92, pp. 631-645, April 2019.
- [35] Ø. Hammer, D. Harper, P. D. Ryan, "Past: paleontological statistics software package for education and data analysis", *Paleontologia Electronica*, vol. 4, no. 1, art. 4, pp. 1-9, June 2001.

Cómo citar este artículo:

Cuen Romero, F. J., Noriega-Ruiz, H. A., Chacón-Baca, E., Monreal, R., & Castillo-Gámez, R. A. (2021). Métodos cuantitativos en paleoecología de comunidades. *EPISTEMUS*, 14(29). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.138>

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, TÉCNICAS DE SIMULACIÓN, Y SU FUTURO EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

*Artificial intelligence, simulation techniques,
and its future in industrial engineering*

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Eleazar Jiménez Serrano ¹

Recibido: 15/02/2021

Aceptado: 10/06/2021

Publicado: 22/06/2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.129>

Autor de Correspondencia:
Eleazar Jiménez Serrano
Correo: eleazar.jimenez@unison.mx

Resumen

La fabricación de inteligencia artificial (en inglés AI) incluye entre varias cosas la creación de conjuntos de datos y el uso de métodos probabilísticos, estadísticos, y de análisis numérico para el aprendizaje automático (machine learning). Técnicas de simulación computarizada se utilizan a veces como una plataforma en el aprendizaje de la AI, implementan dichos datos como entradas, calculan el mejor ajuste mediante el método adoptado, y arrojan como salida un modelo predictivo de comportamiento. De entre las técnicas actuales, en este manuscrito se describen las redes de Petri como una técnica de simulación, el análisis de componentes principales (en inglés PCA) útil en el método de aprendizaje automático, y la aplicación de la simulación en el futuro de la ingeniería industrial.

Palabras clave: inteligencia artificial (AI), redes de Petri, análisis de componentes principales (PCA), aprendizaje automático (machine learning).

Abstract

The fabrication of artificial intelligence (AI) includes among several things the creation of data sets and the use of probabilistic, statistical, and numerical analysis methods for machine learning. Computer simulation techniques are sometimes used as an AI learning platform, implement these data sets as inputs, calculate the best fit using the adopted method, and output a predictive behavior model. Among the newest techniques, this manuscript describes Petri nets as a simulation technique, the analysis of principal component (PCA) as a useful method in machine learning, and the application of simulation in the future of industrial engineering.

Keywords: artificial intelligence (AI), Petri nets, Principal component analysis (PCA), machine learning.

¹ Doctor en Ciencias en Ingeniería de la Computación y Comunicación, Universidad de Sonora, Unidad regional central. División de ingeniería. Correo: eleazar.jimenez@unison.mx, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2594-6914>

INTRODUCCIÓN

El uso de la inteligencia artificial (AI) para predecir comportamientos ya no es un área nueva, actualmente se observa en diferentes campos. Por ejemplo, la empresa AMAZON utiliza AI en su Bot conversacional (chatbot) de nombre Lex [1]. La compañía IBM-Tokio ofrece la implementación de AI como servicio a clientes interesados en añadir valor agregado a sus operaciones y productos [2]. Y también, la empresa japonesa Nidec ha experimentado con AI para predecir el tiempo de arranque y paro automático de sus motores eléctricos para bombas solares de irrigación de campos en India [3].

Una implementación muy común de AI es la del uso de una red neuronal para el aprendizaje automático (sea supervisado o no) en el área de reconocimiento y clasificación de imágenes [4] utilizando una función de pérdida por minimizar.

Así como las redes neuronales, hay otros métodos útiles que apoyan en el objetivo de la predicción mediante AI, tal como los árboles de decisión, las redes bayesianas, las redes de Petri, entre otros. Los métodos utilizan a su vez funciones muy variadas, como la función sigmoide matricial, la función de transición de estados, el análisis de componentes principales (en inglés PCA), metaheurística, etcétera.

A preferencia del autor en base a su experiencia práctica, en este manuscrito se describen las redes de Petri

como la plataforma de simulación de sistemas, y el método PCA en términos del análisis geodésico probabilístico (AGP) en un ejemplo de simulación del posicionamiento geodésico mediante datos GPS.

Al final de este manuscrito, dado que en el futuro, la AI abarcará otros campos al incluir métodos de análisis nuevos, aquí se describen algunos de estos en el campo de la ingeniería industrial.

Técnicas de Simulación y la Inteligencia Artificial

Muchas, por no decir que todas las técnicas de simulación, son en cierta manera una plataforma para la investigación y desarrollo de AI. Las técnicas de simulación tienen como objetivo el predecir un resultado, sus orígenes se observan implementando simulación mediante métodos probabilísticos, estadísticos, y de análisis numérico. Se extendieron al dominio de los números enteros y reales para abarcar sistemas reales. Actualmente los métodos son más variados, incluso incluyen animación y realidad virtual. Y los nuevos métodos que incorporan aspectos heurísticos proporcionan lo necesario para transformar una plataforma de simulación en una solución de AI.

La compañía de software Oracle ha incluido una función de simulación desde que lanzó la primer versión comercial del paquete de ERP (Enterprise Resource Planning) para empresas con operaciones globales, la cual permite a los planeadores de materiales y producción estimar fechas





de llegada y entregas, y prevenir paros de línea [10]. Actualmente está experimentando con aplicaciones de AI en sus módulos de contabilidad y finanzas en lo que llama "Adaptive Intelligence."

Empresas automotrices como Toyota Motors Corp. utilizan "Hardware-In-The-Loop," o por sus iniciales en inglés HIL. Es una técnica usada para la investigación y desarrollo de sistemas complejos con software integrado en tiempo real [9]. La configuración más popular en empresas japonesas incluía el uso de Simulink® como el ambiente de trabajo y dSpace® como el configurador de equipos. Actualmente hace investigación con el "Sistema Avanzado de Asistencia al Conductor" (en inglés Advanced Driver Assistance System, o ADAS), incluyendo AI en sus funciones.

La compañía IBM-Tokio en colaboración con la empresa Nidec Corp. desarrollaron con ayuda del sistema Watson® una aplicación de AI para vender como modulo adicional en las máquinas de prensado de menos de diez toneladas, y consistía en reconocer mediante un sensor de ultrasonido y otros sensores IoT el patrón de desgaste en los moldes, predecir cuando el producto que saliera de la máquina estuviera fuera de especificación de calidad, e indicar el momento de mantenimiento.

La misma empresa Nidec Corp. ha realizado investigación y desarrollo de sistemas menos complejos que incluyen la simulación utilizando ambientes de trabajo más sencillos. Por ejemplo, realizó simulaciones para determinar el consumo de energía solar de sus motores eléctricos utilizando únicamente un osciloscopio y un modelo en Simulink® [3]. Dentro de los planes para incluir AI en sus productos incluía el control remoto y no supervisado para el arranque y paro, asistido por una red de sensores IoT de lluvia y humedad.

Como último ejemplo, actualmente el estándar de calidad ISO-26262 para la seguridad funcional de automóviles recomienda la verificación de sistemas mediante el uso de simulación, incluyendo HIL [13]. Futuras versiones del estándar quizás apuntarán a la introducción de AI en sus recomendaciones [5].

Redes de Petri

Un ejemplo muy útil de una técnica de simulación que recientemente está ganando popularidad son las redes de Petri, creadas por el doctor alemán Carl Adam Petri en los años 1960s. Las redes de Petri se utilizan en el modelado, análisis, simulación, verificación, control y diseño de sistemas dinámicos, como componentes automotrices [5] entre muchos otros. Son una representación matemática y gráfica de un sistema a eventos ocurriendo a intervalos discretos en el cual se pueden representar las diferentes topologías del sistema, sea este distribuido, paralelo y/o concurrente.

En su representación gráfica, solamente utiliza 4 elementos llamados: estados (descritos con círculos), transiciones (con rectángulos), arcos y tokens (con puntos negros). La distribución de tokens indica los estados activos del sistema, llamados marcas y definidos con la letra m . Existen reglas explícitas para conectar estados y transiciones mediante arcos, y fórmulas matemáticas para calcular el flujo de los tokens en la red, y que permiten la simulación gráfica de la progresión de las marcas. La representación matricial de cómo estados y transiciones se conectan permiten calcular la progresión matemática usando la ecuación de transición de estados mostrada a continuación:

$$m_{\text{siguiente}} = m_{\text{actual}} + (\text{matriz}_{\text{salida}} - \text{matriz}_{\text{entrada}}) \times \text{vector}_{\text{transiciones_activas}}$$

Existen varios paquetes computacionales que permiten modelar y simular redes de Petri de tamaño pequeño y mediano. Algunos contienen extensiones prácticas y útiles para los analistas, tales como el poder modelar usando arcos para evaluar cero tokens, agregar un comportamiento probabilístico en tiempo discreto y/o real respecto a la ocurrencia de eventos, incluir disciplinas prioritarias para los eventos, entre muchas otras.

En el campo de la ingeniería industrial, las redes de



Petri también han ocupado un lugar importante al permitir modelar sistemas de manufactura.

Ejemplo

El siguiente ejemplo proviene de un modelo de línea de producción presentado en [6]. En general, los arcos describen la ruta de procesos, los estados representan inventarios y recursos, y las transiciones a los procesos de producción.

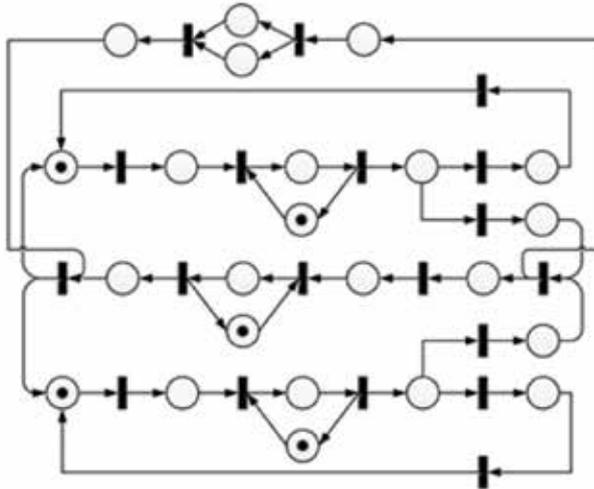


Figura 1. Modelo de red de Petri de un sistema de manufactura flexible de cuatro líneas interconectadas.

El anterior modelo se utilizó para simular diferentes escenarios de velocidad de línea, identificar cuellos de botella y estaciones de trabajo con tiempo muerto, y estimar el volumen de producción. Una aplicación para simular AI podría ser la identificación de patrones de trabajo (medido en productividad) a través de los cambios de turno de empleados cuando el tiempo muerto aumenta, y la predicción de la mejor política de rotación (medida en días de asistencia) entre los empleados y las estaciones comunes de trabajo que lo minimiza.

Redes de Petri y la Inteligencia Artificial

Por la similitud gráfica y matemática con las redes neuronales, las redes de Petri están siendo extendidas a niveles funcionales superiores para poder representar redes neuronales. Una de esas tantas extensiones son las Higher-Order Petri Nets [14]. Y de otras varias formas, las redes de Petri están siendo estudiadas como plataforma para simular redes neuronales [11], y viceversa [12].

El siguiente ejemplo es una sencilla manera de explicar teóricamente la técnica de simulación mediante ambas redes. Recibe como entrada la activación de uno o más nodos en la capa 1 de la red neuronal, o su equivalente en los nodos alineados a la izquierda en la red de Petri. La salida es la predicción de la palabra "si" o "no" en el caso de la red neuronal. En el caso de la red de Petri la salida es la misma, aunque más en un proceso de simulación.

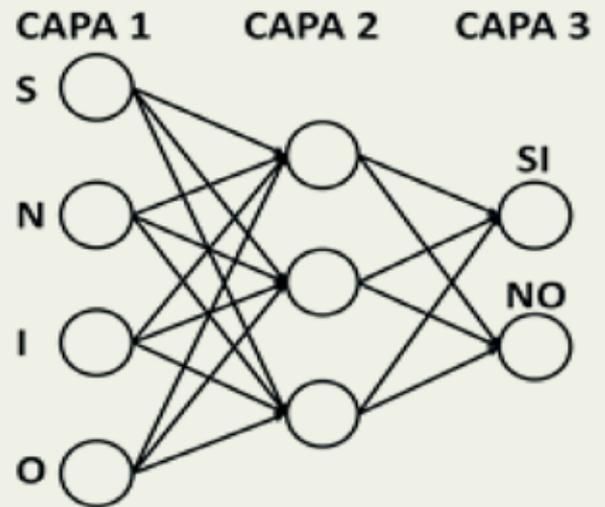


Figura 2. Ejemplo sencillo de red neuronal de tres capas para identificación lingüística de las palabras Si y No.

La capa 2 de la red neuronal contiene el mecanismo donde la información de las letras desciende y una función de activación predice la palabra existente.

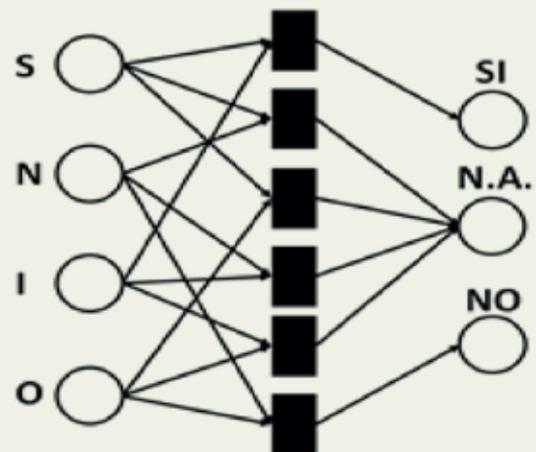


Figura 3. Ejemplo de red de Petri simulando la misma salida que la red neuronal de la figura anterior.





Es posible realizar una red de Petri más compacta utilizando alguna de las otras extensiones existente, como arcos para evaluar cero tokens por ejemplo, pero esa demostración se encuentra fuera del alcance de este manuscrito.

Así como hay cada año nuevas extensiones de las redes de Petri, también hay nuevas configuraciones que permiten simulaciones más complejas. Por ejemplo, con la llegada de tableros de prueba y servidores de nube, actualmente el uso de las redes de Petri se observa como una solución económica para la simulación de modelos más grandes, algo que había sido una limitante práctica hasta hace poco.

Diferentes métodos para la Inteligencia Artificial

Existen varios métodos que se han utilizados en plataformas para desarrollar aplicaciones de AI. La selección de uno depende enormemente de la naturaleza del problema y el tipo de solución deseado. Por ejemplo, métodos de metaheurística buscan una solución satisfactoria para problemas de optimización combinatoria usando de forma iterativa alguna función, como la distancia Hamming. Métodos estocásticos, dentro de la teoría de probabilidad, utilizan variables aleatorias, funciones de probabilidad y sus correlaciones.

Un método muy importante de mencionar es el PCA, útil en el aprendizaje automático al momento de la creación de conjuntos de datos, y que facilita algunas veces la creación más rápida de una aplicación de AI. Este usa transformación lineal en términos de mínimos cuadrados que reduce la dimensionalidad de los datos.

Método AGP

El método de análisis geodésico probabilístico (AGP) es una especialización de aprendizaje automático mediante PCA usada en el cálculo de posicionamiento frente a fuentes redundantes de posicionamiento satelital de GPS [7-8]. Fue desarrollado por el Dr. P.J.G. Teunissen para la estimación por mínimos cuadrados de las ambigüedades

enteras de las observaciones de GPS. Es conocido por dar a un modelo lineal de observaciones de la forma $y = Ax + \text{error}$, el mejor estimador lineal sin sesgo utilizando la siguiente ecuación:

$$\hat{x} = (A^T Q y^{-1} A)^{-1} A^T Q y^{-1} y$$

donde y tiene distribución normal con parámetros $y \sim N(Ax, Qy)$.

Los métodos desarrollados por el profesor Teunissen no solamente han probado ser útiles en el mundo académico, también han demostrado su aplicación práctica al ser implementados en empresas e industrias, tal como el caso de fabricante Toyota Motors Corp. de Japón [9].

Ejemplo

Este ejemplo muestra el poder de AGP al obtener la posición de un receptor utilizando datos de los satélites GPS. Un programa en Python® se usa para simular el desplazamiento del receptor, usa las efemérides de los satélites y las señales como entradas, aplica las matemáticas referentes a AGP, calcula la posición del receptor, y grafica su posición. Las figuras 4 y 5 muestran con puntos a colores la posición de los satélites a la vista, donde la vista comienza en la coordenada (0,0) en el centro del plano U/V



y abarca hasta un punto (0,1) que es la conversión de 90 grados de azimut y 0 grados de elevación.

El programa era parte de un modelo mayor que estaba en lenguaje Matlab®, trabaja en una plataforma HIL en conjunto con un modelo completo del vehículo automotor construido en Simulink® y conectado a un simulador dSpace® reproduciendo las señales del vehículo recolectadas por anticipado, así como un archivo de datos de las señales de los satélites GPS [9]. Las salidas de la simulación eran las coordenadas en latitud, longitud y altura del receptor, así como otras señales del motor. Dichas coordenadas se transmitían al sistema de navegación del vehículo habilitado con internet, y se mostraban en una pantalla integrada al tablero de control en un mapa digital, similar a la aplicación móvil de Google® Maps.

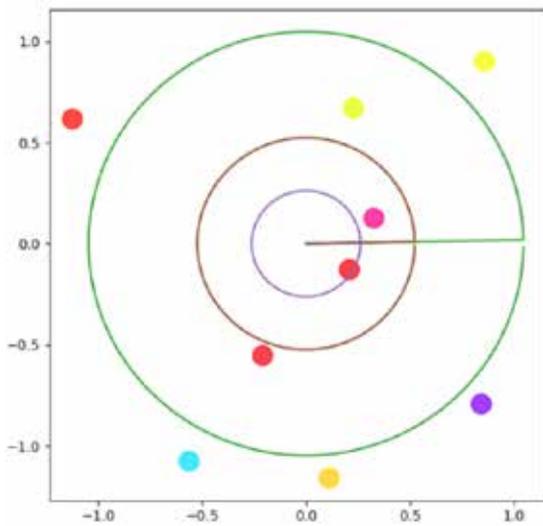


Figura 4. Diagrama de coordenadas U/V de los satélites GPS basada en un umbral mínimo en tres dimensiones y sin usar AGP.

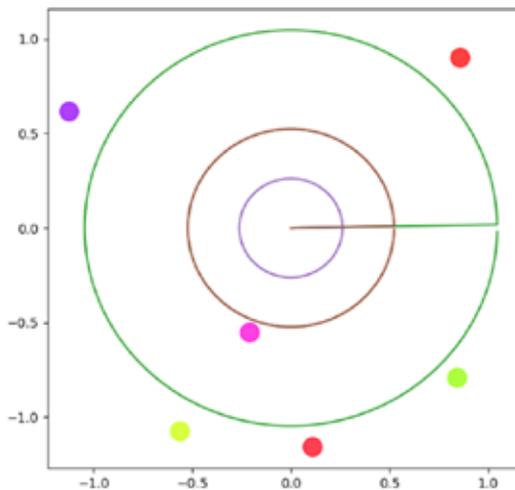


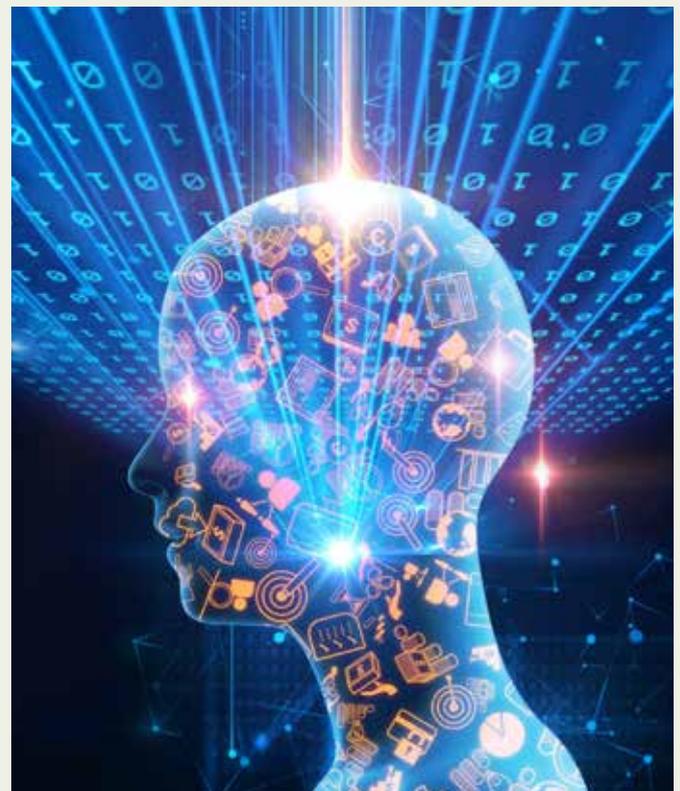
Figura 5. Diagrama de coordenadas U/V de la selección de satélites GPS usando AGP.

Los resultados relacionados con utilizar AGP o no son evidente en las siguientes figuras mostrando la posición (en latitud y longitud) y desplazamiento del receptor con la línea azul.



Figura 6. Resultados de posicionamiento sin usar AGP.

El resultado de posicionamiento sin usar AGP se observa más errático. Esto se debe a que utiliza la información de 9 satélites GPS, donde 3 de ellos presentan una posición que solamente incrementan el error en el cálculo.



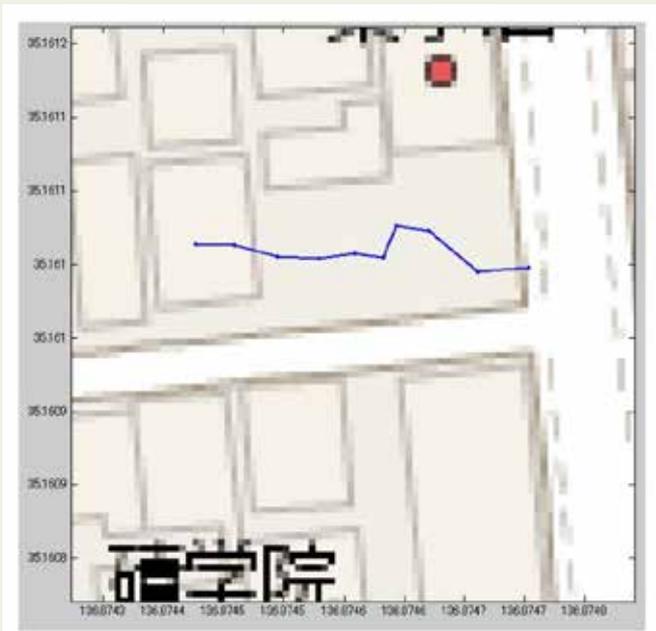


Figura 7. Resultados de posicionamiento usando AGP.

Futuro

La AI se aproxima a su incorporación en nuestras actividades diarias y rutinarias en un futuro no lejano. Sin embargo, existe un gran abismo en términos de un modelo de negocio al tratar de reconciliar el costo de la complejidad tecnológica con el beneficio práctico y financiero. Actualmente compañías como IBM luchan para convencer a los clientes de los beneficios de la IA [2], no exclusivamente para reducir costos, tampoco para agregar

un valor al producto o servicio, sino para generar ingresos. A continuación, se describen tres aplicaciones donde la AI tiene futuro.

En el campo de la verificación de sistemas y software automatizada usando por ejemplo redes de Petri, la incorporación de AI en el algoritmo de exploración del espacio de estados se estima puede ocupar menos tiempo de verificación que el actualmente utilizado.

Otro campo es el de la robotización de operaciones de producción y manufactura, donde una fuente grande de aleatoriedad en los procesos proviene de los insumos de entrada en la línea que se salen de los márgenes de calidad debido a una ineficiente administración. Incorporando AI es posible predecir y detener insumos en mal estado con anticipación.

La técnica de simulación computarizada, usada como plataforma en el aprendizaje de la AI, también tiene futuro en la prueba de las funciones de AI. Empresas tales como la estadounidense AnyLogic Company ofrece el servicio de entrenamiento y prueba de AI usando su plataforma de simulación AnyLogic© [16].

Finalmente, en el campo de diseño de motores híbridos de vehículos, como los fabricados por la empresa Toyota Motor Corp., la AI se puede usar durante la simulación de la operación del motor



para monitorear los parámetros y que estime el punto de máxima eficiencia térmica, la menor emisión de gases tóxicos, el torque eléctrico para la mayor aceleración, y el menor consumo de gasolina, todo simultáneamente para los distintos modos de operación. Un ejemplo se muestra en la figura siguiente [15]. Es un gráfico de búsqueda de puntos de torque y la velocidad del motor que optimiza el consumo específico de combustible en freno (BSFC) para una determinada solicitud de potencia del motor. El módulo de control del motor (ECM) ordena el torque óptimo al motor y la velocidad óptima.

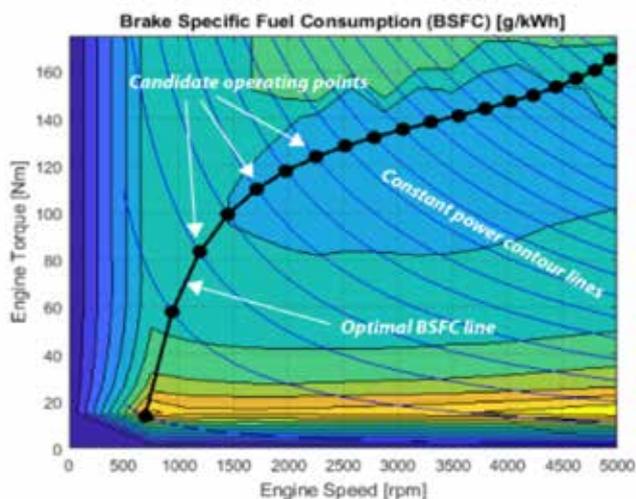


Figura 8. Gráfico de búsqueda optimiza el consumo específico de combustible.

CONCLUSIONES

El dominio de los fundamentos de las técnicas de simulación y los métodos en AI en el futuro de la ingeniería industrial es muy importante porque la industria de la transformación y servicios se verá dominada ampliamente por la adopción de robots operando bajo módulos y subsistemas con AI. El conocimiento de un vocabulario común con otros profesionistas será mandatorio para trabajar, pero el dominio de su implementación será la diferencia entre tener un trabajo como ingeniero o no.

De la misma manera que la selección adecuada de una técnica de simulación y un método de aprendizaje automático determina la confiabilidad del modelo de predicción, el dominio de su correcta implementación determinará la continuación de la AI en nuestro mundo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Eleazar Jiménez Serrano. Reporte de trabajo a Welocalize Inc. para la creación de conjuntos de articulaciones en español para el chatbot Lex de Amazon. Yokohama, Japón. Abril 2020, sin publicar.
- [2] Eleazar Jiménez Serrano. Reporte de trabajo a Nidec Corp. de colaboración con IBM Tokyo para desarrollar un motor eléctrico inteligente. Kawasaki, Japón. Junio 2015, sin publicar.
- [3] Eleazar Jiménez Serrano. Estudio público de factibilidad de Nidec Corp. para el gobierno de Japón, Ministro de economía,

- comercio e industria (METI). Kioto, Japón. Septiembre 2018.
- [4] Frank Y. Shih. "Image Processing and Pattern Recognition: Fundamentals and Techniques." Ed. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- [5] Eleazar Jiménez Serrano. "System and software verification using Petri nets. For functional safety of ISO-26262 requirements." Ed. New York, NY, USA: Amazon press., 2020.
- [6] Eleazar Jiménez Serrano. "Estimation of the size of state space of Petri nets to determine the size of hash tables," 12th WSEAS Int. Conf. on Applications of Computer Engineering, 2013, pp. 55-60.
- [7] P.J.G. Teunissen. "Testing theory. An introduction." 2nd edition. Delft University of Technology. Ed. Delft, The Netherlands: VSSD, 2006.
- [8] P.J.G. Teunissen. "Adjustment theory. An introduction." 1st edition. Delft University of Technology. Ed. Delft, The Netherlands: VSSD, 2006.
- [9] Eleazar Jiménez Serrano. Reporte de trabajo a Toyota Motor Corp. para la creación del programa en MATLAB para el posicionamiento usando GPS. Toyota, Japón. Abril 2009, sin publicar.
- [10] Eleazar Jiménez Serrano. Notas del curso de MRP/ERP usando Oracle ofrecido en SONY Corp. Mexicali, México, 1997, sin publicar.
- [11] Nayden Valkov Nenkov, Elitsa Zdravkova Spasova. "Implementation of a neural network using simulator and Petri nets," International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol. 7, no. 1, 2016, pp. 412-417.
- [12] Edouard Leclercq, Souleiman Ould el Medhi, Dimitri Lefebvre. "Petri nets design based on neural networks," European symposium on artificial neural networks, 23-25 de abril 2008, Bruges, Bélgica, pp. 259-534.
- [13] International Standard Organization. Estándar de calidad ISO-26262 para la seguridad funcional en los automóviles. Segunda versión, 2018.
- [14] Tommy W.S. Chow, Jin-Yan Li. "Higher-order Petri net models based on artificial neural networks," Artificial Intelligence no. 92, 1997, pp. 289-300.
- [15] The Mathwork, Inc., "Explore the hybrid electric vehicle P2 reference application," documento disponible en línea en www.mathworks.com
- [16] AnyLogic company. Página de internet de la empresa disponible en www.anylogic.com

Cómo citar este artículo:

Jiménez Serrano, E. (2021). Inteligencia artificial, técnicas de simulación, y su futuro en la ingeniería industrial. EPISTEMUS, 14(29). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.129>



FRUTAS TROPICALES Y SUS SUBPRODUCTOS: FUENTES DE FIBRA DIETARIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS

*Tropical fruits and their by-products: sources of dietary fiber
In food products*

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Leticia Xochitl López Martínez ¹

Recibido: 16/04/2021
Aceptado: 19/07/2021
Publicado: 12/08/2021
DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.149>

Autor de Correspondencia:
Leticia Xochitl López Martínez
Correo: leticia.lopez@ciad.mx

Resumen

Los subproductos de las frutas tropicales han ido ganando terreno en la industria alimentaria ya que se ha encontrado que contienen fibra dietaria y han demostrado ser adecuados para la elaboración de productos alimenticios tanto por sus propiedades tecnológicas como funcionales, las cuales se encuentran relacionadas con la composición de la fibra dietaria además de la presencia de compuestos fenólicos unidos a ella. Estudios recientes han reportado la incorporación de fibra dietaria de frutas tropicales y sus subproductos a la dieta a través de productos alimenticios consumidos cotidianamente como panes, galletas, tortillas y pastas y los beneficios que esta adición podría reportar a la salud. Esta revisión se centra en el conocimiento de los últimos 5 años de literatura sobre las fuentes de fibra dietaria de frutas tropicales y sus subproductos, además de sus aplicaciones como ingredientes funcionales para el desarrollo de alimentos como productos de panadería, tortilla y pastas.

Palabras clave: beneficios a la salud, fibra dietaria, frutas tropicales, subproductos.

Abstract

The by-products of the industrialization of tropical fruits have been gaining importance in the food industry since they have been found to contain dietary fiber and have proven to be suitable for the elaboration of food products both due to their technological and functional properties, which are related to the composition of dietary fiber and the presence of phenolic compounds attached to the dietary fiber. Recent studies have reported incorporating dietary fiber from tropical fruits and their by-products to the diet through food products consumed daily such as bread, cookies, tortillas and pasta and the benefits that this addition could bring to health. This review focuses on the knowledge of the last five years of literature on the sources of dietary fiber of tropical fruits and their by-products and their applications as functional ingredients for the development of foods such as bakery products tortillas and pasta.

Keywords: health benefits, dietary fiber, tropical fruits, by-products.

¹ Dra. En Ciencias, Laboratorio de Antioxidantes y Alimentos Funcionales, CONACYT- Centro de Alimentación en Investigación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico: leticia.lopez@ciad.mx Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5572-5434>

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las frutas tropicales se consumen directamente o se utilizan para la extracción de jugo, de donde se obtienen subproductos como bagazo, semillas, pulpa y cáscaras [1]. De estos subproductos se pueden recuperar compuestos bioactivos como los compuestos fenólicos que han demostrado distintas actividades biológicas [2] así como fibra dietaria (FD). La FD se define como la parte comestible de plantas o carbohidratos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano, con fermentación parcial o completa en el intestino grueso [3]. La FD se clasifica como FD insoluble donde predomina la celulosa, hemicelulosa, lignina y almidón resistente, mientras que en la FD soluble donde prevalecen polisacáridos no celulósicos como oligosacáridos no digeribles, arabinosilanos, β -glucanos, algunas hemicelulosas, pectinas, gomas, mucílagos e inulina [4,5]. Los productos de panadería, pastas y tortillas son alimentos que gozan de una gran aceptación en todo el mundo, pero cuando son ingeridos por el cuerpo humano, sus carbohidratos se digieren rápidamente, lo que resulta en un rápido aumento del nivel de glucosa en sangre, lo que aumenta los riesgos de diabetes tipo II que es un problema de salud en todo el mundo [6]. Por ello para evitar o controlar la diabetes y sus efectos es necesario consumir alimentos de la lenta digestión y absorción de carbohidratos que producen niveles constantes de glucosa en sangre y, por lo tanto, se consideran un enfoque dietético significativo en el manejo de la diabetes [7]. Por esta razón, el uso de ingredientes de subproductos de frutas tropicales como FD y los compuestos fenólicos unidos a ella en la formulación de productos alimenticios ha ganado relevancia como una forma de disminuir el contenido de carbohidratos así como su velocidad de su digestión debido a su capacidad para absorber agua y aumentar la viscosidad de los alimentos,

estos efectos fisiológicos se encuentran relacionados con sus propiedades tecnológicas, como la retención de agua, capacidad de hinchamiento y solubilidad, por lo cual se ha propuesto a la FD como ingrediente funcional [8]. Sin embargo, la adición de harinas de subproductos de frutas tropicales podría tener impacto negativo en las propiedades de color y textura e influir en la aceptación del consumidor que es un punto esencial para la adquisición y consumo de cualquier alimento. Por lo cual los alimentos enriquecidos con harinas de subproductos deben ser evaluados con respecto a las preferencias del consumidor y obtener una buena aceptabilidad [9,10,11]. Diferentes estudios han mostrado el potencial harinas de frutas tropicales pueden utilizarse en la elaboración de galletas, panes, pastas y tortillas [12,13] por ser una buena fuente de fibra (Tabla 1) además de compuestos de naturaleza fenólica

Tabla 1. Fibra dietaria soluble (FDS), fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria total (FDT) de diferentes matrices alimentarias

Fruta	FDS (g/100 g)	FDI (g/100 g)	FDT (g/100 g)	Referencias
Camú-Camú	8.12	11.11	19.23	[12]
Papaya	2.91	4.37	7.09	[13]
Jaca	NR	NR	6.32	[14]
Sandía	2.5	7.5	10	[8]
Mango	1.5	7.5	7.21	[8]
Maracuyá	NR	NR	7.15	[15]
Piña	1.82	2.35	4.17	[16]
Pitaya	NR	NR	2.65	[17]

NR: No reportado





USO DE SUBPRODUCTOS DE FRUTAS TROPICALES EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANADERÍA, PASTAS Y TORTILLAS.

Productos como pan, galletas, pastas y tortillas son algunos de los productos más consumidos en diversos países alrededor del mundo [22]. El uso de polvos o harinas de subproductos de las frutas tropicales que son ricos en FD y compuestos fenólicos (CF) pueden ser utilizados en la formulación de estos productos para sustituir parcialmente el contenido de carbohidratos con la que son elaborados [23]. En la siguiente sección se describen el uso de algunas frutas tropicales y sus subproductos como sustitutos de harina en la elaboración de productos de panadería, pastas y tortillas.



CAMÚ-CAMÚ. El camú camú (*Myrciaria dubia*) Kunth (McVaugh) es una fruta tropical originaria de las Amazonas que se consume principalmente en forma de pulpa procesada debido a su alta acidez. Considerando que hasta un 40% de la fruta está compuesta por semillas y cáscaras, se genera un alto volumen de subproductos los cuales poseen altas concentraciones de compuestos bioactivos como FD y CF [9]. Sin embargo, su aplicación en productos alimenticios es escasa. En este sentido, das Chagas y col. [15] evaluaron el efecto de la sustitución de 5 a 20% de harina de trigo por el subproducto de camú-camú en polvo en galletas. El remplazo de un 20% de la harina con el polvo incrementó el contenido de compuestos fenólicos

totales (CFT) y la capacidad antioxidante determinada por el método de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno), 6.3, 2,1 y 2.8 veces respectivamente además de que no afectó las propiedades sensoriales de las galletas, sin embargo; niveles superiores a 20 % de sustitución se encontró que las galletas se volvían heterogéneas y desmenuzables.



GUAYABA. La guayaba (*Psidium guajava* L.) es un cultivo perteneciente a la familia *myrtaceae*, y es una de las frutas tropicales exóticas más importantes en México y en el mundo. Esta fruta se consume en fresco o procesada en jugos, mermeladas y otros productos, lo que producen alrededor de 80 kg de desechos por tonelada métrica de fruta fresca por lo cual es importante encontrar formas de hacer uso de estos subproductos. Por ejemplo, mediante la obtención de FD que es uno de los componentes principales en diferentes partes de la guayaba [24]. Arslan y col. [25] complementaron pan libre de gluten con pulpa de guayaba en polvo (PGP) que mostró concentraciones de 12.7% y 927.66 mg de AGE /100 g (mg de ácido gálico equivalentes por 100 g) de FD y CFT, respectivamente. Se elaboraron panes a concentraciones 0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10% de PGP, los resultados mostraron que la adición de PGP aumentó el contenido de FD de 0.92 a 2.45% y los CFT de 14.46 a 103.77 mg AGE/100 g. El análisis sensorial mostró que el pan suplementado con PGP en un 5% presentó la mayor aceptabilidad general.



JACA. La jaca (*Artocarpus heterophyllus*) pertenece a la familia *moraceae* y al género *Artocarpus*. Es considerada como la fruta más grande del mundo ya que llega a pesar hasta 50 kg, por lo cual su consumo y procesamiento producen importantes cantidades de cáscaras y semillas. En particular, las semillas de jaca poseen siete veces más FD que la harina de trigo [26]. Ramya y col. [27] desarrollaron galletas sustituyendo parcialmente harina de trigo (5, 10 y 15%) con harina de semilla de jaca (HSJ). El aumento del nivel de HSJ incorporado provocó galletas más delgadas y oscuras que la galleta control. Las muestras de galletas sustituidas con HSJ al 5% mostraron aceptación general similar a la galleta control. Maskey y col. [16] analizaron el efecto de la incorporación de 12.5% de HSJ y 87.5% de harina de trigo en la elaboración de galletas. Las galletas presentaron un aumento de la FD de 3.3 veces, sin ningún efecto adverso sobre los atributos sensoriales. Los autores reportaron que los contenidos de fitato y oxalato son más altos en la galleta adicionada que en la galleta control, lo que genera amargor en el producto, además de ser antinutrientes estos se presentaron en niveles seguros para el consumo.



MANGO. El mango (*Mangifera indica*) es una de las frutas tropicales más importantes a nivel mundial [28]. Los subproductos obtenidos después del procesamiento del mango pueden oscilar entre el 35 y el 60% del peso

total de la fruta e incluye a la semilla y a la cáscara, los cuales contiene, carotenoides, vitamina A y C, compuestos fenólicos y FD [29]. Se evaluó el efecto de la adición de cáscara de mango en polvo (MP) a totopos de tortilla frita. La suplementación de MP a dos concentraciones (5 y 10%) aumentó el contenido de CFT y la actividad antioxidante evaluada por la inhibición del radical DPPH. La harina aumentó el contenido de FDI y FDS en los totopos 1.47 y 4.15 veces, respectivamente [12]. Se agregó polvo de cáscara de mango (PCM) para fortificar pan de trigo integral a niveles de 1, 3 y 5%. El contenido de CFT, así como la actividad antioxidante determinada por DPPH, aumentaron conforme aumentó el contenido de PCM. Sin embargo, la incorporación de PCM al nivel más alto aumentó la dureza, la textura gomosa con una disminución significativa en la porosidad de la miga y el aroma tradicional del pan. Los autores concluyen que el polvo de RMP al 3% se puede agregar al pan integral para aumentar la actividad antioxidante con afectación mínima de sus atributos sensoriales [29].



MARACUYÁ. El maracuyá (*Passiflora edulis*) perteneciente a la familia *Passifloraceae* tiene una gran importancia económica en las regiones tropicales, debido a sus propiedades nutricionales y sus peculiares características de aroma y sabor. Se estima que el 60% del cultivo de esta fruta se destina al consumo fresco, mientras que el resto de su producción se destina al procesamiento de jugos y concentrados lo que genera subproductos, como cáscaras y semillas de aproximadamente el 52% del peso total de la fruta [30]. Los CFT y la actividad antioxidante determinada por DPPH de las galletas enriquecidas con harina de epicarpio de maracuyá HEM (3, 6 y 9%) aumentaron a medida que aumentaba la sustitución de harina de trigo por HEM. Las galletas que contenían un 6% de HEM produjeron una textura más dura, y a concentraciones de 9% la aceptación global de la galleta disminuyó comparada con las demás sustituciones y la galleta control. Se demostró la presencia de acrilamida la cual aumentaba conforme aumentaba el nivel de sustitución, lo autores recomiendan sustituciones menores a 9% para evitar posible toxicidad de la galleta [31].



PAPAYA. Papaya (*Carica papaya*) es miembro de la familia *caricaceae* y es la especie económicamente más importante de esta familia y es el tercer cultivo tropical a nivel mundial [28]. Del peso total del fruto 6,51% pertenece a las semillas y 8,47% a la piel. También se ha considerado como subproducto un 32% de pulpa inutilizable, que se han destacado por su contenido de vitamina C, carotenoides compuestos fenólicos y FD [32]. En este sentido, Joymak y col. [10] evaluaron el efecto de la sustitución de harina de trigo comercial por harina papaya verde (HPV) con 56.14% de FD y 85.67 mg AGE/100 g en un 5, 10 y 20% en la elaboración de mantecadas. Los resultados muestran un aumento de CFT y de actividad antioxidante determinada por DPPH fue de 1.38, 17.27 y 22.52.3 mg AGE/100 g y 7.27, 27.7 y 42 %, respectivamente. Por otro lado, el perfil de textura de las mantecadas se vio afectado, indicando una mayor dureza y masticabilidad que la mantecada control. En la evaluación sensorial de la incorporación de 5, 10 y 15% de pasta y polvo de cáscara de papaya en la preparación de chapatis se encontró que, en general a todas las concentraciones probadas de pasta, la plegabilidad y la masticabilidad de los chapatis fue menor que la del control, y en el caso de la adición de polvo los resultados mostraron que con un 15% de adición de pasta se presentó la mayor aceptabilidad general [33].



PITAHAYA. La pitahaya (*Hylocereus undatus*) pertenece al género *Hylocereus* y a la familia *Cactaceae* y su forma de consumo más común es en fresco y mínimamente procesada. La cáscara de pitahaya conforma un tercio del total de la fruta y es considerada como un residuo que es rico en carotenoides, betalainas, compuestos fenólicos y FD. El polvo de cáscara de pitahaya (PFP) es fuente de FD (15.7%) [34]. Pawde y col. [11] prepararon cuatro formulaciones de galletas mezclando PFP en una relación de 30:70, 40:60, 50:50 y 60:40% con harina de trigo. Las galletas preparadas se compararon con la galleta de harina de trigo (100%) como muestra control. La evaluación sensorial indicó que la galleta elaborada con PFP (50%) es una formulación aceptable, además mostró un mayor contenido de fibra (7.81%) comparado con la galleta control (1.56%).



SANDIA. Sandía (*Citrullus lanatus*) es el principal cultivo mundial de la familia de las cucurbitáceas (40%) y sus subproductos del procesamiento representan entre el 25 y el 60% del peso de la fruta y están compuestos principalmente de pulpa, semillas y cáscaras de los cuales se pueden obtener moléculas funcionales como FD y compuestos fenólicos que pueden aplicarse en la industria alimentaria [35]. El polvo de corteza de sandía (PCS) es una fuente rica en FD (68.43 g/100 g) y compuestos bioactivos, por lo que podría utilizarse en el desarrollo de alimentos funcionales como las galletas. En este contexto se desarrollaron galletas incorporando PCS en diferentes niveles (10, 20 y 30%) con harina de trigo refinada y una galleta control (harina de trigo 100% refinada). La evaluación sensorial reveló que las galletas



adicionadas con un 30% de PCS tuvieron una aceptación general similar a las galletas control, y su composición de nutrientes presentó un contenido de FD 3.25 g/100 g [14]. Los estudios mencionados anteriormente muestran que la adición de polvos o harina de frutas tropicales y sus subproductos a los productos de panadería, pastas y tortilla, es una alternativa interesante para generar productos con alto contenido de FD y compuestos antioxidantes. No obstante, el nivel óptimo de adición es un factor importante por considerar. Se han observado sustituciones óptimas de hasta el 50% para harina de cascara de papaya [10], mientras que para harinas de cáscara de camú camú, de semilla de jaca y de cáscaras de sandía han mostrado sustituciones entre el 10 y 30% [15,19,27]. Para epicarpio de maracuyá y cascara de guayaba se han utilizado sustituciones máximas del 5% [31]. Los niveles utilizados que no afectan la aceptación de los productos evaluados. En la tabla 2 se muestran otros efectos relacionados con la adición de las harinas de frutas tropicales y sus subproductos.

Tabla 2. Efecto de la aplicación de harinas de frutas y subproductos de frutas tropicales

Fuente	Aplicación y concentración	Efecto	Referencia
Harina de camú-camú	Galletas 5-20%	Aumento de CFT, FD y actividad antioxidante. -A niveles superiores de 20% de sustitución se afecta la textura de las galletas. -Sustitución de 5% producen galletas de menor diametro. -Todos los niveles de sustitución presentaron una buena aceptabilidad sensorial.	[15]
Harina de pulpa de guayaba	Pan 0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10%.	-Aumento el CFT, FD y actividad antioxidante. -Niveles de sustitución superiores de 5% disminuye el volumen del pan. -No se presentó una disminución del contenido calórico. -Sustitución superior a 5% mostraron poca aceptación sensorial	[25]
Harina de semilla de jaca	Galletas 5, 10 y 15%	-A niveles superiores de 5% se afecto el color y la textura de las galletas. -A nivel de 5 % la aceptación sensorial general fue aceptable	[27]
Harina de cáscara de mango	Pan integral 1, 3 y 5%	-Aumento de la actividad antioxidante. -A niveles de 5% se afectó la textura y se modificó el aroma del pan. -A nivel de 3 % la aceptación sensorial general fue aceptable.	[12]
Harina de epicarpio de maracuyá	3, 6 y 9%	-Aumento en CFT, FD y actividad antioxidante. -A niveles de sustitución superiores de 5% disminuye el volumen de las galletas. -Galletas con sustitución de 6 y 9% presentaron menor espesor y mayor dureza. -A nivel de 9 % la aceptación sensorial fue casi nula.	[31]
Harina de cáscara de pitahaya	Galletas 30,40, 50 y 60 %	-Aumento de FD, calcio, hierro y magnesio. -A nivel de 30 % la aceptación sensorial fue similar a la galleta control.	[11]
Harina de cáscara de sandía	Galletas 10, 20 y 30%	Aumento de FD de y de calcio, hierro y magnesio. -A nivel de 30 % la aceptación sensorial fue similar a la galleta control.	[14]





BENEFICIOS PARA LA SALUD DE ENRIQUECER CON FIBRA DIETARIA DE FRUTOS TROPICALES Y SUS SUBPRODUCTOS EN LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS

La fortificación de productos alimenticios con FD de frutas tropicales y sus subproductos han demostrado aumentar el contenido de fibra dietaria y compuestos antioxidantes. Aunque el número de estudios que evalúan los efectos de la adición de FD sobre diferentes productos alimenticios van en incremento, los estudios de sus efectos relacionados con la salud todavía son escasos y se encuentran relacionados principalmente con la velocidad de la hidrólisis de almidón donde se utilizan modelos de digestión *in vitro*. En este sentido, Ning y col. [31] evaluaron el efecto de la adición de harina de epicarpio de maracuyá (HEM) en la elaboración de galletas sobre la hidrólisis de almidón. Todas las galletas mostraron un fuerte aumento en la velocidad de hidrólisis del almidón en los primeros 20 min y posteriormente disminuyó y se estabilizó gradualmente a los 60 min. Los resultados muestran que la hidrólisis del almidón se inhibía cuando aumentaba el nivel de HEM en las galletas. Al final de la digestión el 92% del almidón se podía digerir en el pan control, mientras que, con la adición de 3, 6 y 9%, la digestión fue de aproximadamente 22.1, 38.1 y 40.3% menor que el pan de control, respectivamente. En un estudio similar Chen y col. [5] reportaron que con el aumento en la proporción de polvo de cáscara de mango (PCM) utilizada en la elaboración de pan, la tasa de digestión de almidón disminuye. Al final de la digestión, se encontró que, con la adición de 5, 10, 15 y 20% de HEM, la tasa de digestión es aproximadamente 6, 13, 14 y 18% menor que el pan de control (97%), respectivamente. Joymak y col. [10], evaluaron cuatro formulaciones de mantecadas con sustitución de harina papaya verde (HPV) en la elaboración de mantecadas y evaluó la digestión de almidón *in vitro*. A los 120 min de digestión, las mantecadas sustituidas presentaron una hidrólisis de almidón más lenta de la concentración de glucosa en comparación con el control, en un 12, 20 y 32% a niveles de 5, 10 y 20%, respectivamente comparado con el control. Este comportamiento es atribuido a la presencia de FD la cual reduce la velocidad de digestión de los alimentos con almidón debido a su capacidad para

absorber agua y aumentar la viscosidad de los alimentos. Además de actuar como una barrera física que previene el contacto de las moléculas de almidón y las enzimas que lo hidrolizan, lo que resulta en una reducción de la respuesta de glucosa en sangre después de su ingestión [36], manteniendo los niveles de la glucosa en sangre estables, además de aumentar la saciedad y pudiendo reducir el consumo de calorías.

CONCLUSIONES

Las frutas tropicales y sus subproductos son fuentes importantes de fibra dietaria y compuestos antioxidantes como los compuestos fenólicos además de minerales como calcio, hierro y zinc y que en forma de polvo o harina se pueden utilizar para el desarrollo de productos de panadería, pastas y tortillas disminuyendo su contenido de carbohidratos lo que puede generar efecto benéfico para la salud de los consumidores. Un paso muy importante es encontrar el nivel de sustitución óptima de harina o polvo que mantenga los efectos benéficos de la fibra y los compuestos fenólicos pero que no afecte la calidad sensorial de los productos alimenticios elaborados. Para cada nuevo compuesto funcional agregado a productos alimenticios es necesario realizar estudios de aceptación sensorial y estudios de bioaccesibilidad. Asimismo, deben complementarse con estudios de viabilidad y comercialización para poder generar productos de alto valor agregado. Es importante continuar realizando estudios sobre los niveles de suplementación ideales para que produzca efectos benéficos a la salud, así como una aceptación sensorial adecuada para que estas propuestas puedan ser implementadas en la industria alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Castrica et al., "Total phenolic content and antioxidant capacity of agri-food waste and by-products," *Ital J. Anim. Sci.*, vol. 18 pp. 336-341, 2019.
- [2] A. Gómez-Maqueo et al., Gómez-Maqueo, A., Escobedo-Avelaneda, Z. and J. Welti-Chanes, "Phenolic compounds in Mesoamerican fruits—characterization, health potential and processing with innovative technologies," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 21, pp. 8357, 2020.
- [3] AACC International. *Cereal Foods World*, vol. 46, no. 3, pp. 112–126, 2001.
- [4] Y [2]. O. Li and A.R. Komarek, "Dietary fibre basics: Health, nutrition, analysis, and applications," *FQS*, vol. 1 pp. 47-59. 2017
- [5] Y. Chen. et al., "Effects of mango peel powder on starch digestion and quality characteristics of bread," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 140, pp. 647-652, 2019.
- [6] S.A. Mezil, and B.A. Abed, "Complication of Diabetes Mellitus," *Ann. Romanian Soc. for Cell Biol.*, pp.1546-1556, 2021.
- [7] S.H. Ng, S.D. Robert, W. A. N. W., Ahmad and W. R. W. Ishak, "Incorporation of dietary fibre-rich oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) powder improves postprandial glycaemic response by interfering with starch granule structure and starch digestibility of biscuit," *Food Chem.*, vol. 227, pp.227, 358-368, 2017.
- [8] L.E. García-Amezquita, V. Tejada-Ortigoza, E. Heredia-Olea, S.O. Serna-Saldívar and J. Welti-Chanes, "Differences in the dietary fiber content of fruits and their by-products quantified by conventional and integrated AOAC official method-

- ologies," *J. Food Compos. Anal.*, vol. 67, pp. 77-85, 2018.
- [9] C. E de Araújo Padilha et al., "Enhancing the recovery and concentration of polyphenols from camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) by aqueous two-phase flotation and scale-up process". *Sep. Sci. Technol.*, vol 53, pp. 2126-2135, 2018.
- [10] W. Joymak, s. Ngamukote, p. Chantarasinlapin and S. Adisakwattana, "Unripe papaya by-product: from food wastes to functional Ingredients in pancakes," *Foods*, vol. 10, 615, 2021.
- [11] S. Pawde, M.I. Talib and V.T. Parate, "Development of fiber-rich biscuit by incorporating dragon fruit powder," *Int. J. Fruit Sci.*, vol. 20(sup3), pp. S1620-S1628, 2020.
- [12] G. Mayo-Mayo et al., "Addition of roselle and mango peel powder in tortilla chips: a strategy for increasing their functionality," *J. Food Meas. Charact.*, vol. 43, pp. 1-9, 2020.
- [13] R. Subiria-Cueto et al., "Antioxidant dietary fiber-based bakery products: a new alternative for using plant-by-products," *Food Sci. Technol.*, 2021.
- [14] S. Ashoka, S. Begummand K.G. Vijayalaxmi, "By-product utilization of watermelon to develop watermelon rind flour based cookies," *J. Pharma Innov.*, vol. 10, pp.196-199, 2021.
- [15] E.G L. das Chagas, F.M. Vanin, V.A, dos Santos Garcia, C.M.P. Yoshida and R.A. de Carvalho, "Enrichment of antioxidants compounds in cookies produced with camu-camu (*Myrciaria dubia*) coproducts powders," *LWT-Food Sci. Technol.*, vol. 137, p.110472, 2021.
- [16] B. Maskey, S. Subedi, and N. K. Shrestha, "Effect of Incorporation of jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) seed flour on the quality of cookies," *Dristikon: A Multidisciplinary Journal*, vol.10, pp. 60-72, 2020.
- [17] J.P.L. Aguiar and F.C.A Amaral Souza, "Antioxidant capacidant and bioactive compounds and health benefits of camu-camu puree (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaughn)". *Int. J. Dev. Res.*, vol. 8, pp- 20742-20745, 2018
- [18] A.A. Puspitarini "Analysis of fiber, calcium and acceptability cookies with papaya flour and dates puree substitution". *Mal. J. Appl. Sci.*, vol. 4, pp. 33-39. 2019.
- [19] M. Ovando-Martinez et al., "Effect of ripening on physicochemical properties and bioactive compounds in papaya pulp, skin and seeds". *IJNRP*, vol 9, pp. 47-59, 2018.
- [20] L.C.L.R. Dos Reis, E. M. P. Facco, M. Salvador, S.H. Flôres and A. de Oliveira Rios, "Antioxidant potential and physicochemical characterization of yellow, purple and orange passion fruit". *J Food Sci. Technol.*, vol. 55, 2679-2691, 2018.
- [21] G.B.M Santos et al., "Effects of processing on the chemical, physicochemical, enzymatic, and volatile metabolic composition of pitaya (*Hylocereus polyrhizus* (FAC Weber) Britton & Rose)," *Food Res. Int.*, vol.127, p. 108710. 2020.
- [22] A. Arranz-Otaegui, L.G. Carretero, M.N. Ramsey, D.Q. Fullera and T. Richter, T, "Archaeobotanical evidence reveals the origins of bread 14,400 years ago in northeastern Jordan," *PNAS*, vol. 115, pp. 7925-7930. 2018.
- [23] M. Gómez and M.M. Martínez "Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 58, pp. 2119-2135, 2018.
- [24] X Ling and Y.P. Chang. "Valorizing guava (*Psidium guajava* L.) seeds through germination-induced carbohydrate changes," *J. Food Sci. Technol.*, vol. 54, pp. 2041-2049. 2017.
- [25] M. Arslan, A. Rakha, M.R. Khan, X. Zou, "Complementing the dietary fiber and antioxidant potential of gluten free bread with guava pulp powder," *J. Food Meas. Charact.*, vol. 11, pp. 1959-1968, 2017.
- [26] R. Felli, T.A. Yang, W. N. W. Abdullah, W. Zzaman, "Effects of incorporation of jackfruit rind powder on chemical and functional properties of bread," *Trop. Life Sci. Res.*, vol. 29, pp.113, 2018.
- [27] H.N Ramya, S, Anitha, A, Ashwini, "Nutritional and sensory evaluation of jackfruit rind powder incorporated with cookies," *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, vol. 9, pp- 3305-3312, 2020.
- [28] SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019. 2019 Food y Agrícola Overview. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/
- [29] M.T. Sumaya-Martínez et al., "Mango (*Mangifera indica* L.) pulping by-products: Antioxidant activity and bioactive compounds of three mango cultivars," *Revista bio ciencias*, vol. 6, 2019.
- [30] N.M.V De Toledo et al., "Potentials and pitfalls on the use of passion fruit by-products in drinkable yogurt: Physicochemical, technological, microbiological, and sensory aspects," *Beverages*, vol. 4 pp. 47, 2018.
- [31] X. Ning et al., "Cookies fortified with purple passion fruit epicarp flour: Impact on physical properties, nutrition, in vitro starch digestibility, and antioxidant activity," *Cereal Chem.* vol. 98, pp. 328-336, 2021
- [32] M. Ovando-Martinez et al., "Effect of ripening on physicochemical properties and bioactive compounds in papaya pulp, skin and seeds," *IJNRP*, vol 9, pp. 47-59, 2018.
- [33] C.S. Pavithra, S.S. Devi, W.J., Suneetha C.V.D Rani, "Development and evaluation of papaya peel powder and paste incorporated chapathis," *J. Pharma Res. Int.*, pp.1-14, 2018.
- [34] S.R.M. Ibrahim, G A Mohamed, A.I. Khedr, M.M.F. Zayed, A.A.E.S. El-Kholy, "Genus *Hylocereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance—A review," *J. Food Biochem.* vol 42, pp. e12491, 2018.
- [35] X. Rico, B. Gullón, J.L. Alonso and R. Yáñez, R. "Recovery of high value-added compounds from pineapple, melon, watermelon and pumpkin processing by-products," *An overview. Food Res. Int.*, vol. 132, pp. 109086, 2020.
- [36] G. Giuberti et al., "Exploitation of alfalfa seed (*Medicago sativa* L.) flour into gluten-free rice cookies: Nutritional, antioxidant and quality characteristics," *Food Chem.*, vol. 239, pp. 679-687, 2018.

Cómo citar este artículo:

LOPEZ MARTINEZ, L. X. (2021). FRUTAS TROPICALES Y SUS SUBPRODUCTOS: FUENTES DE FIBRA DIETARIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS: Fibra dietaria de frutas tropicales y productos alimenticios. *EPISTEMUS*, 14(29). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.149>



MEJORA COGNITIVA EN LATINOAMERICA

Cognitive enhancement in latin america

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Jonathan Piedra Alegría ¹

Recibido: 11/04/2021
Aceptado: 28/09/2021
Publicado: 28/09/2021
DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v14i29.146>

Autor de Correspondencia:
Jonathan Piedra Alegría
Correo: jonarthan.piedra.alegria@una.cr

Resumen

Desde de un análisis de la literatura especializada, mostramos como la utilización de mejoradores cognitivos en personas sanas en Latinoamérica es habitual, principalmente en estudiantes universitarios de disciplinas afines con las Ciencias Médicas. A partir de este contexto, presentaremos algunos ejemplos sobre los desafíos relacionados con su regulación en estas instituciones, para mostrar como este fenómeno necesita estudios más profundos que puedan determinar cuáles son sus verdaderos efectos, con tal de plantear de una manera más precisa los múltiples retos éticos y legales que se derivan de su utilización.

Palabras clave: Mejora cognitiva, Latinoamérica, Modafinilo, Metilfenidato.

Abstract

From an analysis of the specialized literature, we show how the use of cognitive enhancers in healthy people in Latin America is quite common, mainly in University students of disciplines related to Medical Sciences. From this context, we will present some examples of the challenges related to its regulation in these institutions to show how this phenomenon needs more in-depth studies that can determine what its actual effects are, to pose in a more precise way the multiple challenges ethical and legal that derive from its use.

Keywords: cognitive enhancement, Latin America, Modafinil, Methylphenidate.

¹ Filósofo y Abogado. Universidad Nacional, Costa Rica. Correo Electrónico: jonarthan.piedra.alegria@una.cr Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-4532-4415>

INTRODUCCIÓN

Ante la posibilidad de mejorar nuestra cognición con solo consumir un fármaco ¿quién no lo tomaría antes de un examen importante o una entrevista para un trabajo soñado? En muchas ocasiones esto parece una posibilidad muy especulativa, pero lo cierto, es que la práctica de utilizar drogas con la finalidad de mejorar las habilidades cognitivas y emocionales de las personas es bastante real y su uso es extendido. Sin embargo, en América Latina existen pocas investigaciones publicadas sobre el fenómeno de la mejora cognitiva. En este documento realizamos una recopilación de ellas con el propósito de mostrar que existe un uso generalizado de “mejoradores” en cierta población, lo que hace necesario profundizar más en este fenómeno en el contexto latinoamericano. Hasta el momento en nuestro contexto geográfico son sumamente escasos, no solo los estudios empíricos, sino además aquellos que abordan el tema desde una perspectiva ética o legal. Nuestra intención, es contribuir a este debate, por medio de la visibilización de este problema, así como con la introducción de algunos planteamientos que pueden servir para orientar el debate.

ACLARACIONES CONCEPTUALES

La mejora cognitiva (MC) se asocia con un marco muy amplio de situaciones: estimulación craneal, modificaciones genéticas o neuro fármacos, entre otras muchas vías que

en las que podría presentarse. Ciertamente, la mayor cantidad de estudios se enfocan en la mejora por medio de la vía farmacológica. En ocasiones, también se le llama como “neuro mejora” para referirse a “(...) Mejoras en las funciones cognitivas, emocionales y motivacionales de individuos sanos mediante, entre otras cosas, el uso de drogas”. [3]. En la literatura es más común encontrar estos

fenómenos simplemente bajo el nombre de Mejora Cognitiva. Sin embargo, también es común encontrar dos usos distintos de este término: 1. Un uso biomédico y 2. Un uso no asociado a ninguna práctica médica.

En el primer caso, la MC se comprende desde una finalidad principalmente (A) *terapéutica*. Como ejemplos de este uso, podríamos indicar los tratamientos farmacológicos para la enfermedad de Alzheimer o algunas intervenciones de rehabilitación cognitiva asociada con la esquizofrenia.

En ocasiones, también se utiliza el término para un grupo muy amplio de enfermedades que involucran aspectos cognitivos (que incluso no podrían considerarse como disfunciones cognitivas) como la epilepsia, desorden bipolar o el autismo, etc. En otros momentos, esta terminología también se asocia con algunos trastornos que alteran las funciones cognitivas. Esta sería lo que llamaríamos una (A) utilización terapéutica de la mejora cognitiva.

No obstante, también existe una (B) utilización no-terapéutica que no está relacionada con ningún propósito restaurativo o curativo. Este uso se daría principalmente en personas saludables. Es decir, que no tengan presente





ningún desorden, trastorno o enfermedad que deterioren o modifiquen sus facultades cognitivas y, por lo tanto, no necesiten ningún medicamento o tratamiento relacionado.

De forma tal que llamaremos sencillamente *mejora cognitiva* a esta utilización no-terapéutica. Además, para efectos de este documento solo mencionaremos el tema de la MC desde el uso neuro-fármacos en personas saludables. De igual manera, entenderemos como un mejorador cognitivo "(...) una droga que impacta positivamente las habilidades de las funciones cognitivas, a saber, la memoria, la atención, el aprendizaje, las funciones ejecutivas o la vigilancia" [3]. La MC implicaría un aumento o una mejora las capacidades cognitivas en general, debido a la utilización de un fármaco que no es necesario para la salud [4 y 5] y que no busca restaurar o compensar alguna función cognitiva [6]. Estaríamos refiriéndonos, entonces a la MC cuando se presenta un aumento significativo estadísticamente [8], sobre la base general del promedio aceptado con respecto a estas facultades.

UN PAR DE EJEMPLOS

En la literatura, dos de los mejoradores cognitivos (MJCS) más estudiados son el Modafinilo y el Metilfenidato. El Modafinilo es un neuro-estimulante muy común cuando se refiere a los tratamientos para la narcolepsia (así como para otros trastornos del sueño). Algunos estudios sugieren que en el caso de las personas sanas puede incrementar la atención o mejorar el desempeño en actividades que impliquen la memoria de trabajo (i.e el tiempo reacción/latencia en diversas tareas.) e incluso, también la memoria de reconocimiento (específicamente en cuanto a la planificación espacial y los patrones visuales) [10].

El Metilfenidato es también un neuro-estimulante que se utiliza para tratar la sintomatología del trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Ciertos estudios muestran algún tipo de mejora en el nivel de atención o concentración en personas sanas. Sin embargo, las conclusiones de estas investigaciones son muy reservadas en cuanto a los efectos positivos en alguna

tarea concreta, llegando a reportar (en el mejor de los casos) efectos mejoradores bastante modestos.

Tomemos, por ejemplo, el caso del Modafinilo. Cuando se ha utilizado en individuos sanos no se ha logrado determinar si, efectivamente, produce algún efecto mejorador. A pesar de que en algunos estudios se reporta "un incremento de la atención", es difícil discernir si esto es una consecuencia real de su consumo o si, por el contrario, es producto de la dificultad para conciliar el sueño. Es razonable suponer que esto únicamente sea producto del efecto placebo y la excitación subjetiva inducida por el fármaco [10]. En otros documentos se plantea que tanto el Metilfenidato como el Modafinilo pueden afectar de manera positiva el aprendizaje, sobre todo la consolidación de la memoria [11], el planeamiento o el control inhibitorio. No obstante, también hay muchos otros que indican que no se presenta ningún tipo de efecto mejorador en el humor, la memoria o la motivación en general [10]. Aun así, se puede encontrar cierta evidencia respecto a una mejora moderada, relacionada con los tiempos de reacción o una reducción en la cantidad de errores en ciertos ejercicios específicos [12, 13] en individuos por debajo del promedio (en la actividad evaluada). Si la persona evaluada se encontraba en el promedio, el efecto usualmente era leve, mientras que en quienes superaba el promedio, el efecto era inexistente o en el mejor de los casos muy reducido. Incluso, en ciertas ocasiones no se observó ningún tipo de efecto, independientemente del grupo al que pertenecían.

Una situación parecida, sucede con el Metilfenidato. No existe una evidencia sólida sobre los posibles efectos positivos sobre la memoria, ni tampoco hay pruebas consistentes que muestren una mejora en la atención [10]. La mayoría de los datos mencionan algún "efecto positivo" en tareas sencillas [14], siendo inexistente el efecto





mejorador en tareas complejas. De nuevo, en el caso de estos resultados, la corroboración se dio únicamente en individuos que pertenecían al grupo que se encontraba por debajo del promedio (antes de consumir el neuro-fármaco) en las actividades evaluadas.

Siendo así, lo único que podría decirse con cierta seguridad, es que existe una posibilidad (en ambos neuro-fármacos) para facilitar efectos positivos en aspectos como la memoria de trabajo o la atención. No obstante, estos posibles efectos mejoradores dependen directamente: 1. Del escenario concreto que sea evaluado, así como 2. De la característica del individuo (*bajo promedio- promedio- encima del promedio*). Al mismo tiempo, el presunto efecto positivo es más viable que aparezca en situaciones específicas que de una manera general. Tampoco queda claro, si este efecto mejorador, no implica la disminución o detrimento de alguna otra habilidad cognitiva.

LA MEJORA COGNITIVA EN LATINOAMÉRICA

En Centroamérica encontramos algunos datos que exponen la utilización de MJCS. Para comenzar debemos mencionar que, en Nicaragua, un análisis mostró que el 84% del estudiantado de Medicina (*Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*) utilizan medicamentos con alguna característica estimulante [16]. Dentro de los fármacos



más utilizados estaban los comprimidos de cafeína (4%), Metilfenidato (5%) y tiamina (13%). Su uso era variable y dependiente del año académico. El menor porcentaje se encontraba en IV año (73%), aumentado en resto de los años. En el V año subía a un 85% y en el VI año su uso era de un 77%. Sin embargo, la mayor utilización se encontraba en el II y III año, con un 89% y un 91% respectivamente.

En el vecino país de Costa Rica, un estudio [17] encontró que aproximadamente el 23,4% de las personas estudiantes de la carrera de Medicina y un 21,8% de los alumnos de Farmacia de la *Universidad de Costa Rica* consumían algún tipo de medicamento estimulante cuando estudiaban. En general, no consumían estos estimulantes aisladamente, sino que mezclaban varios de ellos para aumentar el efector "mejorador". Casi la totalidad de estos estudiantes (más del 90%) no tenían ningún tipo de indicación médica a la hora de consumirlos.

En América del Sur se presenta un escenario similar. Según un estudio realizado en Chile [22], en la *Universidad de Valparaíso* el 92,5% de los estudiantes de Medicina consumían sustancias estimulantes (anfetaminas, cafeína, modafinilo o efedrina) con tal de mejorar su rendimiento. Solo en la *Universidad Austral* de ese país, el 37% de los estudiantes de Medicina y Enfermería reportaron haber usado Modafinilo en algún punto de sus estudios de



grado [23] y el 25,3% de los estudiantes había consumido o consume actualmente Modafinilo [24]. Su consumo se incrementa de manera sostenida y progresiva en los primeros cuatro años de estudio, disminuyendo en su quinto año. De la totalidad de estos estudiantes, el 33% consumían al menos una vez al mes.

Esta situación parece ser consistente con otros estudios realizados en las Universidades de la misma región geográfica. Solo en la *Universidad Católica* en Ecuador, el 62.4% de los estudiantes de Medicina reconocían que utilizaban algún tipo de estimulante de manera habitual [25]. El 14% de esta población utilizaba Modafinilo con la finalidad mejorar su desempeño académico. Este estudio, también señala que más de la mitad de quienes utilizaron estos “mejoradores” no notaron ninguna mejora real en su rendimiento y el resto tenía una “satisfacción moderada” respecto a sus resultados mejoradores.

Datos de Paraguay [27], nos muestran que el 12% de



los estudiantes universitarios (*Universidad Internacional Tres Fronteras – UNINTER*) usan medicamentos de prescripción. Sin embargo, el 33% de este grupo indicó usar Metilfenidato con fines no médicos. Al igual que en otros estudios en Latinoamérica, se encontró un uso variable dependiendo del nivel académico.

Estos resultados son consistentes con los ejemplos de Centroamérica, ya que ambos muestran que existe un mayor consumo en los primeros años (21% en el primer año y 32% en el segundo) disminuyendo en los restantes (18% en el tercer año y un 14% en el cuarto y quinto año)

En Colombia, también encontramos algunos estudios que buscan caracterizar el consumo de algunas sustancias psico-activas. En el año 1996 el *Ministerio de Salud* de ese país realizó un estudio que buscaba determinar el consumo de Metilfenidato, encontrando que los estudiantes de Medicina eran los mayores consumidores, con una prevalencia del 13,3% por cada mil estudiantes.

Estos resultados son congruentes con lo descubierto en otra investigación hecha en la *Universidad de Manizales*. En ella se mostró que el 51,9 % del alumnado de Medicina [28] consume algún tipo de estimulante para mejorar el desempeño universitario.

En Perú el 20.3% de los estudiantes universitarios de *Lima-Metropolitana* afirman haber consumido algún tipo de medicamento perteneciente a las “drogas inteligentes” [29], principalmente debido al “estrés académico”. El 40.9% expresa que consumen estos mejoradores al menos una vez por semana.

Según una encuesta realizada en Argentina a los estudiantes de Anatomía de la *Universidad Nacional de Buenos Aires* [30], el 41% utilizaba alguna sustancia con tal de poder estudiar más tiempo o tener un mejor rendimiento cognitivo. El 45% consumía algún psicotrópico, especialmente Metilfenidato (13,72%) y Modafinilo (31.7%).

Los datos disponibles en Brasil muestran prevalencias similares. Con base en un estudio realizado en la *Universidade Federal de Minas Gerais* se concluyó que el uso de Metilfenidato es habitual entre los estudiantes brasileños de pregrado [31]. Un tercio de ellos conseguía el Metilfenidato sin ningún tipo de prescripción. De hecho, el 60% de los estudiantes que consumían algún psicoestimulante (incluyendo el Metilfenidato) lo hacían, específicamente, para mejorar su rendimiento.



Tabla 1. Utilización de sustancias estimulantes o MJCS en Universidades Latinoamericanas

País	Población y Carrera		Prevalencia	Sustancia más utilizada
	Medicina	Sin definir		
Nicaragua	261		84%	Metilfenidato
Chile	120		92.5%	Modafinilo
Ecuador	293		62.4%	Modafinilo-Metilfenidato
Paraguay	100		12%	Metilfenidato
Colombia	234		51.90%	Anfetaminas
Perú		738	20.3 %	Sin definir
Argentina	122		41%	Modafinilo
Brasil		378	5.8%	Metilfenidato

Elaboración propia. Todos los estudios (exceptuando el caso de Perú) están basados en investigaciones realizadas en una única Universidad.

Si bien, los datos de estos estudios no son estadísticamente representativos de la totalidad de estudiantes de cada país, sirven para poder dimensionar el fenómeno del uso de MJCS en Latinoamérica. Un elemento relevante de todos ellos es que muestran que el uso de los MJCS es habitual y, de hecho, bastante común en carreras de alta demanda académica.

Su consumo continuado plantea la suposición de tienen algún efecto positivo, cuando menos desde una posición subjetiva. A pesar de que a partir de estas investigaciones no es posible establecer como cada estudiante determina el efecto positivo. Tampoco se puede comprobar si objetivamente tienen un efecto mejorador o si solamente es resultado del efecto placebo.

Ciertamente, una de las conclusiones habituales es que el uso de mejoradores cognitivos por parte de los estudiantes de Ciencias médicas es un fenómeno que necesita ser considerado sistemáticamente debido a su prevalencia y a su potencial impacto social y laboral.

EJEMPLOS DE ALGUNOS DILEMAS ÉTICO-JURIDICOS

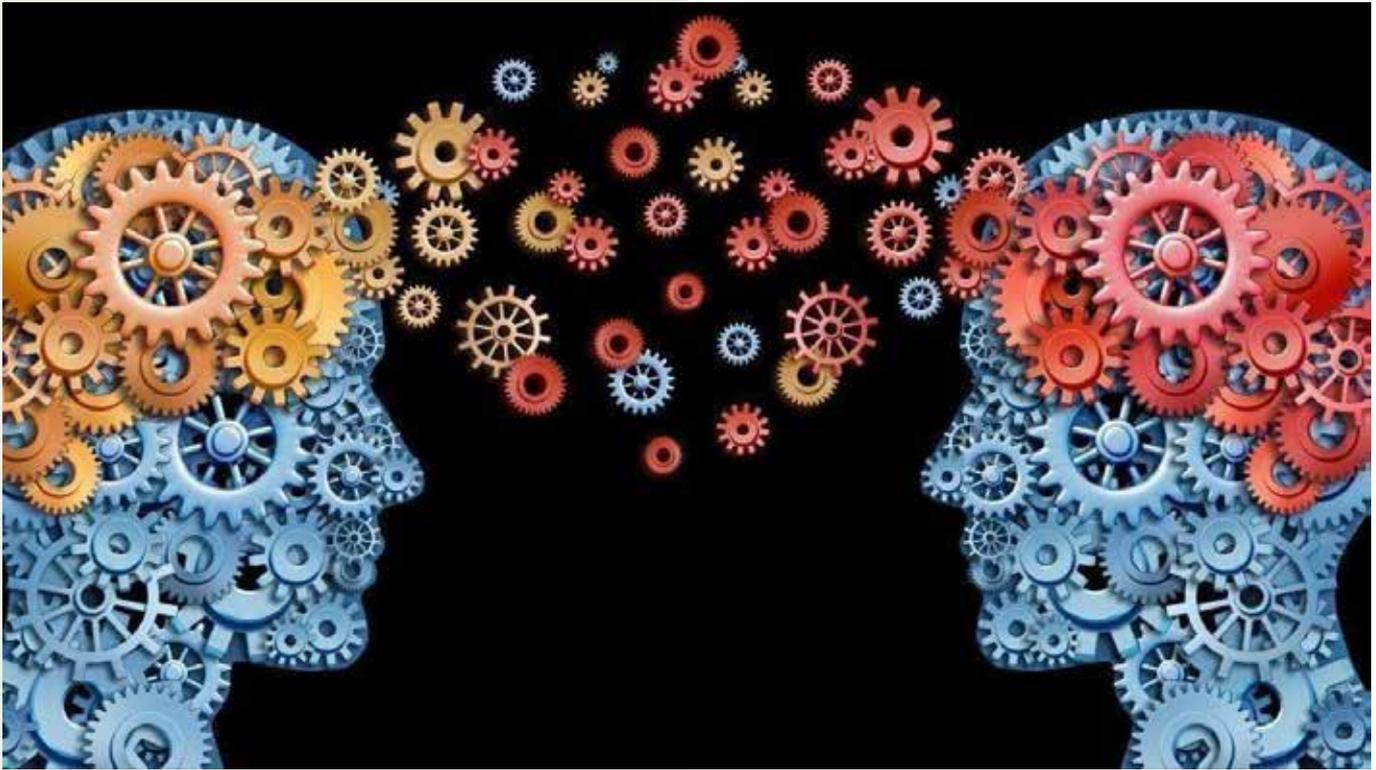
La tendencia cada vez mayor, con respecto al uso de MJCS no es un fenómeno que se destaque en el continente americano, ni mucho menos en Latinoamérica. Los datos que hemos visto concuerdan con estudios de otros países del área. En los Estados Unidos un país de gran influencia económica y sociocultural sobre muchos países latinoamericanos, los resultados son parecidos [32]. Esta situación ha hecho que algunas universidades en ese país tomen acciones para evitar el consumo de estos MJCS en sus campus.

Por ejemplo, la Universidad de Duke en Carolina del Norte en su Código de Honor considera el uso de los MJCS como una deshonestidad académica. “El uso no autorizado de medicamentos recetados para mejorar el rendimiento académico” es equivalente a hacer trampa y por lo tanto las sanciones académicas son las mismas que si plagiaran información o si falsificaran algún tipo de información en un documento oficial. La idea general subyacente a esta propuesta es que el uso de MJCS brinda una ventaja injusta o inmerecida que contraviene el sentido más elemental de la educación, así como los valores que se buscan desarrollar con ella.

¿ALGUNAS ALTERNATIVAS VIABLES?

Utilizaremos la propuesta de esta Universidad, como un caso paradigmático que nos sirva para mostrar algunas dificultades que pueden aparecer a la hora de considerar, por ejemplo, una política restrictiva respecto a los MJCS.





Para comenzar, se debería clarificar si verdaderamente mejoran un aspecto cognitivo. Situación que como hemos visto es muy controvertida. No obstante, suponiendo por el bien del argumento, que los MJCS realmente mejoran algún aspecto de la cognición, la manera en cómo se debería establecer que su uso es para fines mejoradores implica muchas cuestiones importantes. Con tal de mostrar un ejemplo de esto, partamos de la siguiente pregunta: ¿Cómo determinaría una Universidad un uso no medicado de una droga de prescripción?

Con tal de resolver esto, las Universidades tienen varias alternativas. Podrían, por ejemplo, adquirir una obligación (jurídica) consistente en crear expedientes clínicos respecto de los medicamentos que los estudiantes puedan tomar, de manera que puedan determinar antes del posible uso de un MJCS si es por un motivo médico o para un fin mejorador. Dejando de lado todas las dificultades operativas de algo así, es evidente que una propuesta de esta naturaleza estaría en contra de la privacidad e intimidad de los estudiantes. La información médica es confidencial (debido a los datos personales sensibles que implican) por lo que una Universidad no tendría un fundamento ético, ni legal para realizar este tipo de intrusión, ya sea solicitando, recabando o manejando este tipo de información, más allá de los servicios de salud que estas instituciones brindan a sus estudiantes, funcionarios o pacientes en general.

Si aun a pesar de esto, la opción fuera viable: ¿Cuál sería el nexo entre quien manejaría esta información y el presunto estudiante consumidor de MJCS?, ¿Quién tendría el control y acceso de esos datos? ¿Los

médicos, informáticos, decanos, oficiales de seguridad o los docentes? La respuesta a estas preguntas es de suma importancia, ya que el manejo de los datos implicaría un control sobre los estudiantes de manera desproporcionada. Un poder sobre su vida que podría incidir mucho más allá de la simple utilización o no de un MJCS. Información de este tipo podría utilizarse para crear sesgos discriminatorios a la hora de brindar becas, ayudas deportivas o seguros de cobertura estudiantil. Si bien, los datos serían confidenciales, su uso también plantea problemas concretos sobre la custodia y propiedad de estos. Pero una propuesta como esta generaría muchas resistencias que posiblemente impedirían su ejecución.

Una elección menos problemática sería realizar pruebas para detectar MCJS al azar o de manera sistemática. Se podría argumentar a favor de esto, que estas pruebas ya existen en otros ámbitos y que su utilización ha resultado muy provechosa en el espacio laboral. Con respecto a esto, es importante aclarar que las pruebas de drogas que se realizan en el trabajo no buscan determinar el uso de ningún “mejorador cognitivo”, sino más bien drogas ilegales. Por lo que los elementos jurídicos, así como la base ética que permiten estas pruebas son distintas.

En el caso laboral, su utilización es en principio, para verificar que los trabajadores (actuales o futuros) no padecen alguna incapacidad, limitación o enfermedad de trabajo que afecte un desempeño adecuado en el trabajo. Por lo que se deben tomar en cuenta una serie de factores que deben ser considerados previamente como: la naturaleza del trabajo, la responsabilidad y las

competencias específicas que se necesitan a la hora de realizar una de estas pruebas. Al menos en la teoría, existe un nexo laboral particularizado, en vista de que estas pruebas tienen como finalidad descubrir algún elemento que incapacite, dificulte o impida realizar las tareas que se deben cumplir en horario laboral, en casos específicos. Desde luego que cualquier programa de pruebas de drogas debe funcionar dentro de las restricciones legales y no todos los programas de pruebas son legalmente permitidos.

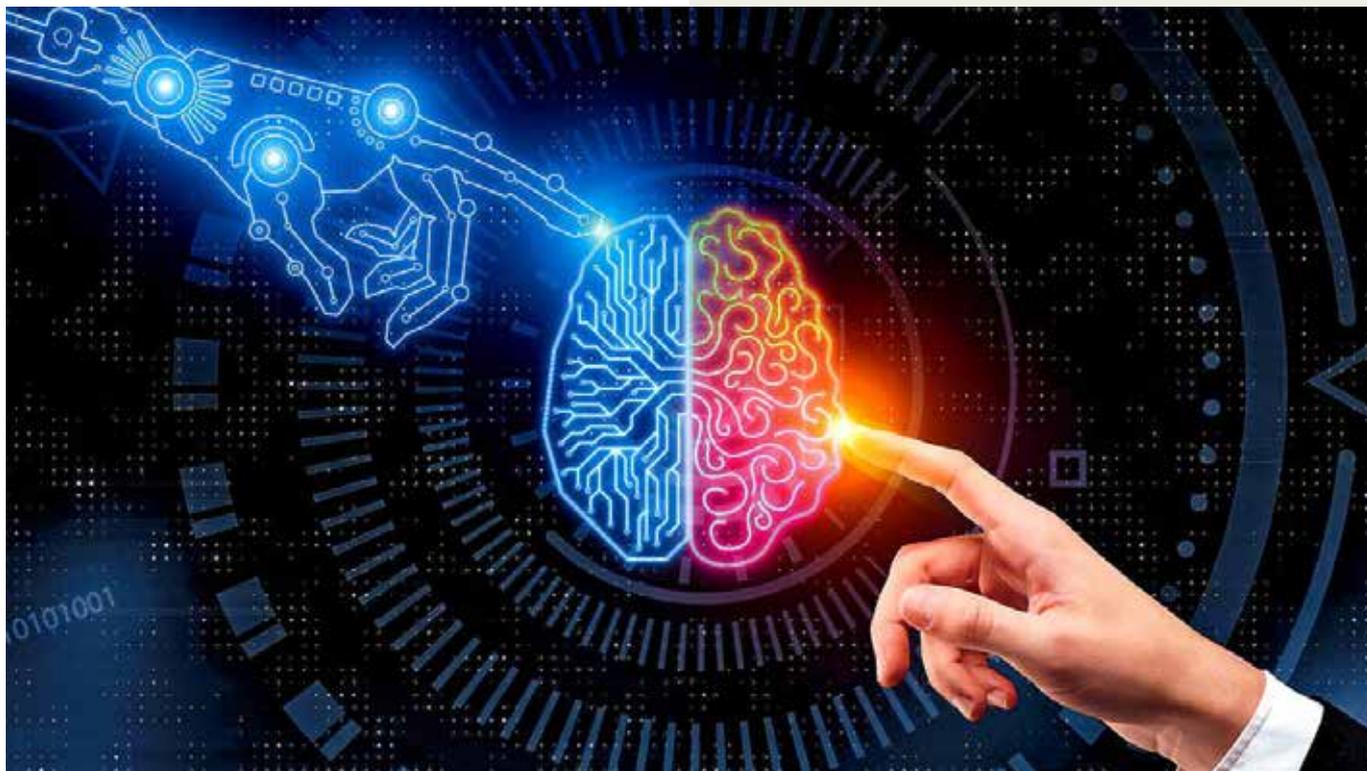
Todo lo contrario, sucedería en el caso de los MJCS en la Universidad, ya que su utilización es para mejorar su desempeño y el rendimiento académico. El Modafinilo, por ejemplo, no parece disminuir o limitar el rendimiento de los estudiantes que lo consumen. A pesar de que existen algunos estudios que muestran que ciertas dosis de Modafinilo pueden causar una reducción en los niveles del receptor de NMDA o alteraciones en la plasticidad cerebral a corto y largo plazo [33] lo cierto es que se necesitan más estudios para determinar los efectos negativos en las personas sanas. De hecho, la mayoría de los efectos secundarios inmediatos son ligeros y no deberían afectar de manera sustancial el desempeño académico. Por lo que, en este sentido, no parece existir ningún nexo claro que justifique estas pruebas.

Pero si partimos del supuesto en el cual se considera que, si se pueden extrapolar estos principios a las universidades, surge otro aspecto a resolver ¿Cuál sería la presunción por la cual se asumiría que un estudiante consume MJCS? Esta situación no es trivial y en el fondo es la base misma que permitiría o no la aplicación de estas

pruebas para detectar “mejoradores”.

El hecho de que exista un marco regulatorio (i.e en el trabajo) no implica que este tipo de pruebas sean apropiadas en otros ámbitos. A pesar de que algunas en Universidades se realicen este tipo de pruebas regularmente no es suficiente como para decir que sea algo correcto. Invadir la privacidad de muchos con tal de encontrar algunos pocos que utilicen MJCS es algo muy problemático, sobre todo cuando su efectividad mejoradora sigue siendo objeto de un gran debate. De hecho, la situación parece mucho más conflictiva, cuando estas pruebas son realizadas únicamente a un grupo (i.e estudiantes de Medicina). Si bien este grupo tiene ciertas características y responsabilidades especiales, esto no es suficiente para justificar la detección de drogas en ellos.

¿Porqué se deben hacer pruebas de drogas únicamente a estudiantes de Medicina y no a ingenieros computacionales o personas que estudian ciencias políticas? ¿Acaso ellos no pueden afectar potencialmente a cientos o miles de personas? Se podría decir que la investigación empírica es la base para desarrollar estos programas de pruebas de drogas. Pero si bien, las investigaciones muestran un uso extendido (en Latinoamérica) en ciertas disciplinas, no es suficiente para establecer algún tipo de relación causal. Lo que nos devuelve al tema de la causa probable o un nexo concreto. ¿El aumento en las calificaciones en un estudiante regular, sería suficiente? ¿Qué acontecimiento o presupuesto debería darse para exista un motivo justificado para solicitarle una prueba a un determinado estudiante? Situaciones como estas plantean problemas adicionales que posiblemente dependen más de actitudes





sociales y valoraciones generalizadas sobre las drogas o el uso de psicofármacos que de algún tipo de regulación en específico.

MJCS PARA HACER TRAMPA

Un tema igualmente controversial surge en la esfera ética. ¿Cuál es motivo por el cual la Universidad de Duke considera que el uso de MJCS es hacer trampa? La idea general es que la utilización de MJCS brinda una ventaja injusta o inmerecida que contraviene el sentido más elemental de la educación, así como los valores que se buscan desarrollar con ella.

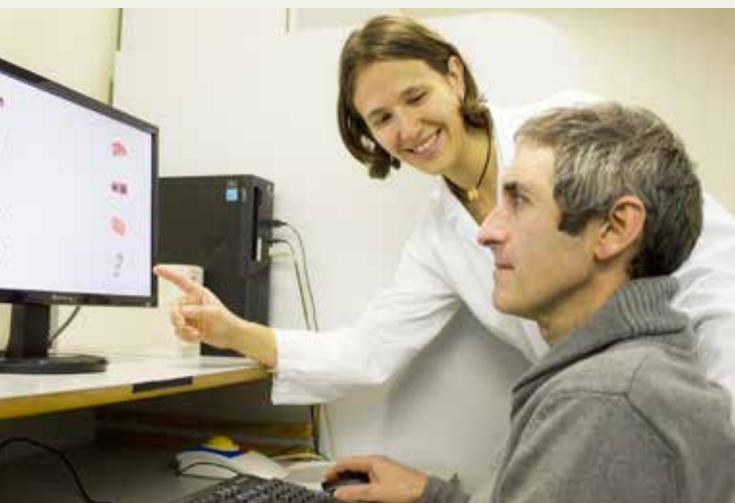
No obstante, hay algunas razones para considerar que el uso de los MJCS en la Universidad no es necesariamente algo moralmente problemático. La suposición de que los MJCS contribuyen a un campo de juego desigual no es en sí misma una razón suficiente para pensar que deberían restringirse. Las habilidades cognitivas entre los estudiantes pueden variar significativamente, pero este tipo de

desigualdad no parece implicar ninguna preocupación ética en particular. Que un estudiante perezoso, pero con una excelente memoria obtenga una mejor calificación en un examen para el cual no estudió, frente a un estudiante que se esforzó y puso mucho empeño en sacar buenas notas no parece ser un problema para nadie.

Los efectos positivos de la meditación son bien conocidos, pero sería extraño que alguien considerara que un estudiante que toda su vida la ha practicado tenga una ventaja sobre quienes no la practican. Las distintas habilidades físicas y cognitivas de los estudiantes los ponen de facto en un juego desigual, por lo que si nos atenemos a los datos empíricos que muestran que los MJCS pueden tener un “efecto mejorador” en personas por debajo del promedio, su uso podría (hipotéticamente) ser una forma de “equilibrar” el campo de juego. Claro está, que esto no es suficiente como para introducir un “argumento de equidad” que permita justificar su uso, pero sirve para mostrarnos que la relación MJCS -trampa, no es obvia.

Ciertamente, existen otra serie de cuestionamientos éticos relevantes sobre su uso, y no es claro que el “argumento de hacer trampa” sea el más notable. Sería más interesante determinar que es una ventaja injusta desde un punto de vista cognitivo. Igualmente, significativo sería analizar que está pasando en el sistema educativo, como para que los estudiantes deban consumir estos “mejoradores” con tal de rendir adecuadamente o cuestionarnos sobre la cultura de medicalización en la cual vivimos. No obstante, son temas que exceden el marco reflexivo de este documento.

Todas estas complicaciones muestran que, si bien la regulación de los MJCS en las universidades es posiblemente la opción más “natural”, la implementación de políticas y normas que la operativicen es bastante complicada y se enfrenta a serios problemas legales y éticos. Ni que decir, de toda la otra gama de situaciones





que no hemos mencionado. Frente a esto, lo más adecuado que podemos decir, es que se necesitan muchos estudios adicionales (desde distintos campos de estudios) con tal de tener un acercamiento adecuado a la MC.

CONCLUSIONES

En la actualidad el uso de MJCS en individuos sanos se ha incrementado a un ritmo enorme. Su uso es bastante alto en las Universidades Latinoamericanas, principalmente en disciplinas de alta demanda académica, en las cuales debido al estrés producto del sistema educativo, el uso de los MJCS se presenta como una alternativa viable. Esto plantea que aun cuando la información empírica presente en las investigaciones es ambivalente, sea necesario estudiar los retos y desafíos de la utilización de los MJCS, ya que estos nos replantean los valores tradicionales de la educación y nos hace cuestionarnos la clase de sociedad en la que nos encontramos.

A pesar de que el tema de la MC es un tema novel en los países latinoamericanos, políticas como la de la Universidad de Duke nos sirven como un antecedente interesante a la hora de reflexionar sobre la MC en nuestro contexto geográfico. Ciertamente, se necesita mucha evidencia adicional que permita determinar cuáles son sus verdaderos efectos con tal de plantear de una manera más precisa los múltiples retos éticos y legales que se derivan de su utilización.

Esto permitiría abordar en el futuro, no solo el tema de la MC desde el enfoque que hemos tratado, sino, además, facetas como el abuso de medicamentos, el

papel recreativo de estos “mejoradores”, así como la medicalización cada vez mayor de los espacios de la vida en sociedad. Aspectos que, junto a los que ya señalamos, son lo suficientemente importantes como para mantener la discusión abierta sobre el tema.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Engelke y T. Ewell. "The ethics and legality of beta blockers for performance anxiety: what every educator should know," *The college music society* , vol. 51, 2011.
- [2] E. Wurtzel, *Prozac Nation*, Riverhead Books, 1995.
- [3] G. Fond, J. A. Micoulaud-Franchi, A. Macgregor, R. Richieri, S. Miot, R. Lopez, Y D. Repantis. "Neuroenhancement in healthy adults, part I: pharmaceutical cognitive enhancement: a systematic review", *Journal of Clinical Research y Bioethics.* , vol. 2, no. 6, 2015.
- [4] M. Dresler, A. Sandberg, K. Ohla, C. Bublitz, C. Trenado, A. Mroczko- Wąsowicz, et al. "Non-pharmacological cognitive enhancement". *Neuropharmacology*, no. 64, pp: 529-543 , 2013.
- [5] M. Husain y M. Mehta. "Cognitive enhancement by drugs in health and disease". *Trends in Cognitive Sciences.*, vol. 1, no. 15, pp. 28-36, 2011.
- [6] J.R. Shook, L. Galvagni, J. Giordano. "Cognitive Enhancement Kept within Contexts: Neuroethics and Informed Public Policy." *Frontiers in Systems Neuroscience.* :8-228, 2014.
- [7] J. Savulescu, R. Ter Meulen, y G. Kahane. "Enhancing Human Capacities, Wiley- Blackwell", Uk: Oxford University , 2011.
- [8] J. Cummings y K. Zhong. "One promise and challenges in drug development and assessment for cognitive enhancers". *Cognitive Enhancement in CNS Disorders and Beyond.*, 2018.
- [9] S. Vrecko, "Just How Cognitive Is Cognitive Enhancement? On the Significance of Emotions in University Students Experiences with Study Drugs". *AJOB neuroscience*, vol. 1, no. 4, 2013.
- [10] D. Repantis, P. Schlattmann, O. Laisney y I. Heuser. "Modafi-

nil and methylphenidate for neuroenhancement in healthy individuals: a systematic review. *Pharmacological research*, vol. 3, no. 62, pp. 187-206., 2010.

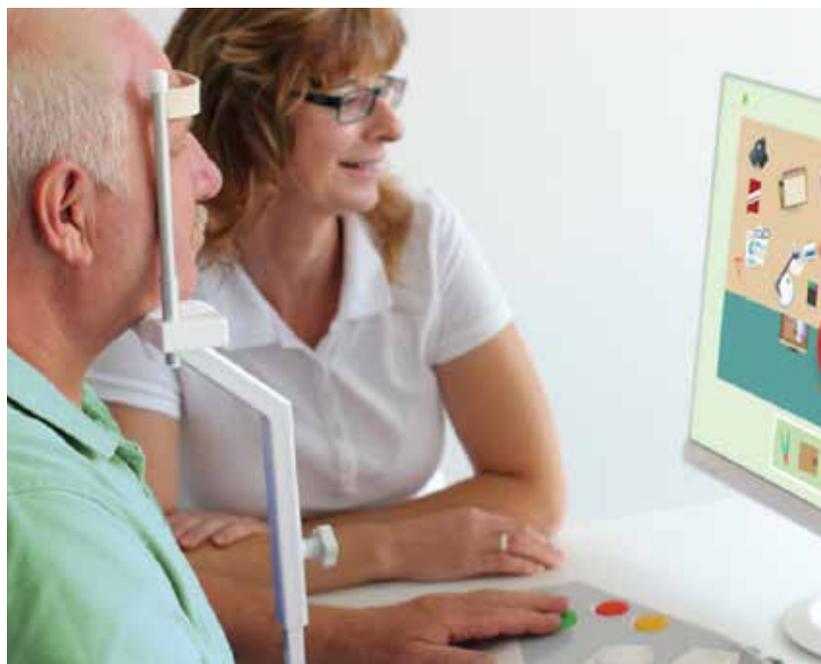
- [11] M. E. Smith y M. J. Farah. "Are prescription stimulants "smart pills"? The epidemiology and cognitive neuroscience of prescription stimulant use by normal healthy individuals. *Psychological bulletin*, vol. 5, no. 137, pp. 717-741., 2011.
- [12] A. Miah. "Cuestiones éticas derivadas del mejoramiento humano". *Valores y ética para el siglo XXI*, 2011.
- [13] K. Maclean, E. Ferrer, S. Aichele, D. Bridwell, A. P. Zanesco, T. Jacobs y B.A Wallace. "Intensive meditation training improves perceptual discrimination and sustained attention". *Psychological science*, vol. 6, no. 21, pp. 829-839, 2010.
- [14] C. Advokat. "What are the cognitive effects of simulant medications? Emphasis on adults with attention deficit/hyperactivity disorder". *Biobehavioral Reviews*, vol. 8, no. 34, pp. 1256- 1266, 2010.
- [15] B.J. Sahakian, A. Bruhl, J. Cook, C. Killikelly, G. Savulich, T. Piercy y P. Jones. "The impact of neuroscience on society: cognitive enhancement in neuropsychiatric disorders and in healthy people". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 1677, no. 360, 2015.
- [16] A. Mendoza, L. A y Pineda Duarte, A.G. "Consumo de psicoestimulantes para aumentar el rendimiento en el autoestudio, estudiantes de II-VI año carrera de medicina". (Tesis Doctoral) UNAN, León, 2013.
- [17] B. Badilla y M. Barquero. "Prevalencia del uso de estimulantes en los estudiantes de medicina y farmacia de la Universidad de Costa Rica," *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 61, pp. 121-129, 1993
- [18] W. A. Villafuerte Orellana. "Opiniones y prácticas de consumo de sustancias psicoactivas en la población estudiantil inscrita en Estudios Generales de la Universidad de Costa Rica, Sede Guanacaste, año 2013" (Tesis de grado), U.C.R, 2014.
- [19] G. Arguedas, M. Garnier, W. Hong, M. Zaray y G. Rodríguez. "Aspectos médico-legales de los patrones de consumo de bebidas energéticas por parte de los estudiantes de medicina de segundo año de la Universidad de Costa Rica". *Medicinal legal de Costa Rica*, vol. 1, no. 29, pp. 23- 33, 2012.
- [20] J. Buchanan y S. Pillón. "Uso de dorgas entre estudiantes de medicina, Tegucigalpa, Honduras". *Revista Latinoamericana de Enfermagem*, no. 16, 2008.
- [21] M. R González y V. C. Ortiz. "Hábitos tóxicos en estudiantes de segundo año de medicina" *Medisan*, vol. 2, no. 17, pp. 230-236, 2013.
- [22] F. Asencio, F. Cardemi, P. Betancour, F. Celedón y F. Martínez" Prevalencia y factores asociados al uso de drogas, fármacos y otras sustancias por estudiantes de medicina para aumentar el rendimiento académico". *CIMEL*, vol. 2, no. 14, 2009.
- [23] P. Campos, A. Gómez y P. Henríquez. "Percepción de los estudiantes de las carreras de Enfermería y Medicina de la Universidad Austral de Chile en relación al rendimiento académico asociado al uso de Modafinilo, durante el primer semestre del año 2012". (Tesis de grado), Universidad Austral, Chile, 2012.
- [24] D. Vera. "Caracterización del Consumo de Modafinilo en Estudiantes de la Universidad Austral de Chile, Campus Isla Teja y Campus Miraflores". (Tesis de grado) Universidad Austral, Chile, 2012.
- [25] S. Estévez y D. Ramos. "Prevalencia de consumo de sustancias psicoestimulantes y factores asociados, para aumentar el rendimiento académico, en estudiantes de primero a decimo nivel de la facultad de medicina de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador desde noviembre de 2013 a enero de 2014". (Tesis de grado) Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador, 2014.
- [26] N. P. Paredes, A. I. Miasso, y C. R. Tirapelli. "Consumption of benzodiazepines without prescription among first-year

nursing students at the University of Guayaquil, school of nursing". *Revista latino-americana de enfermagem*, no. 16, pp. 634-9, 2008.

- [27] R. Netto, J. D. A. Netto, N. Zacarias-Da Silva Junior, S. Mendes-Da Silva, L. Helen-De Santana Vaz, M. A. Agüero y A. Pifferrer. "Incidencia del uso no prescrito del Metilfenidato entre Estudiantes de Medicina". *Medicina Tropical*, vol. 1, no. 13, 2018.
- [28] K. Botero- Henao, J. Castrillón, K. Castillo- Chang, J. Díaz - Corrales, J. Echeverri- Uribe, H. Yurgaky-Jordán y L. Barón, "Prevalencia y factores asociados al consumo de anfetaminas, en estudiantes del programa de medicina de la Universidad de Manizales". *Revista de la Facultad de Medicina*, vol. 3, no. 59, pp. 201- 214, 2011.
- [29] A. Sánchez. "Relación entre el consumo de neotrópicos y estrés académico en universitarios de Lima Metropolitana". Universidad Peruana Unión: Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela de Psicología., 2019.
- [30] M. Mazzoglio, J. Nabar, R. Algieri, C. Dogliotti, A. Gazzotti, H. N. Jiménez Villarruel y L. M. Rey. "Utilización de sustancias psicoactivas en alumnos de anatomía y su implicación en el aprendizaje". *Educación Médica*, vol. 2, no. 11, pp. 129-132, 2011.
- [31] R. C. Cándido, E. Perini, C. M. Pádua y D. Junqueira. "Prevalence of and factors associated with the use of methylphenidate for cognitive enhancement among university students". *Einstein*, no. 18, 2020.
- [32] C. J. Teter, S. E. McCabe, J. A. Cranford, C. J. Boyd y S. K. Guthrie. "Prevalence and motives for illicit use of prescription stimulants in an undergraduate student sample". *Journal of American college health*, vol.6, no. 53, pp:253- 262, 2005.
- [33] K.R. Urban y W.J. Gao. "Performance enhancement at the cost of potential brain plasticity: neural ramifications of nootropic drugs in the healthy developing brain". *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8, pp.1-10, 2014

Cómo citar este artículo:

Piedra Alegría, J. (2021). Mejora cognitiva en Latinoamérica. *EPISTEMUS*, 14(29). DOI: <https://epistemus.unison.mx/index.php/epistemus/article/view/146>



La Universidad de Sonora, a través de las Divisiones de Ingeniería, de Ciencias Exactas y Naturales, así como de Ciencias Biológicas y de la Salud emite la presente invitación para participar en la

Convocatoria para recepción de manuscritos

No. 30

La revista *Epistemus* (ISSN: 2007-8196) publica artículos originales e inéditos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos y comunicaciones breves sobre ciencia y tecnología y salud, dirigida a investigadores, profesores, estudiantes y profesionales en diversas áreas.

Áreas de conocimiento:

(no limitadas a los siguientes campos)

- ▶ Ingenierías: materiales, metalurgia, civil, minas, industrial, ambiental, hidráulica, sistemas de información, mecatrónica, alimentos, energía, agua, entre otras.
- ▶ Ciencias exactas y naturales: geología, física, matemáticas electrónica y ciencias de la computación.
- ▶ Ciencias biológicas y de la salud: investigación en alimentos, desarrollo regional, acuacultura, salud, biología, agricultura, entre otras.

Fechas importantes:

- ▶ Límite de envío de manuscritos para el No. 30 Julio 15 de 2021.
- ▶ Publicación electrónica Septiembre 15 de 2021.

RECIBIMOS ARTÍCULOS DURANTE TODO EL AÑO

Envío de manuscritos: www.epistemus.uson.mx

Mayores informes: revista.epistemus@correom.uson.mx

Rosales y Blvd. Luis encinas Johnson, Hermosillo, Sonora, 83000, México



1 Congreso

de Enfermedades
Crónicas e Infecciosas

Fecha de congreso

Modalidad virtual

SEPTIEMBRE
1-3 / 2021

PLATAFORMA:
TEAMS



SMIE®

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

SIMPOSIO NACIONAL *de* **INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

EDIFICIOS EXISTENTES Y PATRIMONIALES:
VIDA ÚTIL, EVALUACIÓN, MONITOREO Y NORMATIVA

del **3** al **5**
septiembre 2021

Conferencias magistrales
Mesas redondas
Paneles

PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DE GEOCIENCIAS 2021



**UNIVERSIDAD ESTATAL
DE SONORA**



La Universidad Estatal de Sonora y la carrera de Ingeniero en Geociencias lo invitan al Primer Congreso Internacional de Geociencias el cual tiene como finalidad promover el avance y consolidación de la industria minera; vincular a profesionales, académicos y estudiantes de minería y ciencias de la Tierra, así como fomentar el debate sobre el presente y futuro de nuestro entorno laboral.



Si usted desea participar como ponente o cartel:

Favor de enviar un resumen del trabajo con un máximo de 150 palabras antes del 01 de Septiembre, al correo: hablemosdegeociencias@gmail.com

- El Comité Técnico comunicará a los autores la aceptación de los trabajos seleccionados a más tardar el día 17 de Septiembre.
- Las instrucciones para la presentación del texto final serán enviadas al autor adjunto con la comunicación de aceptación.

El autor entregará el texto completo del trabajo antes del 15 de Octubre, para que sea incluido en las Memorias del Congreso el cual contará con registro ISSN.

