

EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

UNIVERSIDAD DE SONORA, ENERO-JUNIO DE 2021, NÚMERO 30

ISSN: 2007-8196



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Impactos y/o Efectos en la Naturaleza, Salud, Educación y Tecnología

INVESTIGACIÓN

Contribución al conocimiento de la
flora fanerogámica silvestre de
Vicente Guerrero, Durango, México.

Pensamiento computacional y
aprendizaje adaptativo en la resolución
de problemas con fracciones.

Ácido ferúlico en el comportamiento
productivo y metabolitos urinarios
en becerros destetados.

Un modelo para gestionar el
conocimiento considerando la cultura
organizacional en las PYME'S.

DESDE LA ACADEMIA

Emisiones volcánicas: origen e
impacto en la atmósfera.

POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Helpdesk como alternativa de soporte y gestión
tecnológica para una empresa tabasqueña.

CTS EPISTEMUS

Temperatura corporal,
termómetros y salud.

Nanopartículas: efectos en la
salud humana y el medio ambiente.

Modelo tridimensional con
realidad aumentada para la promoción
de la Cultura Maya

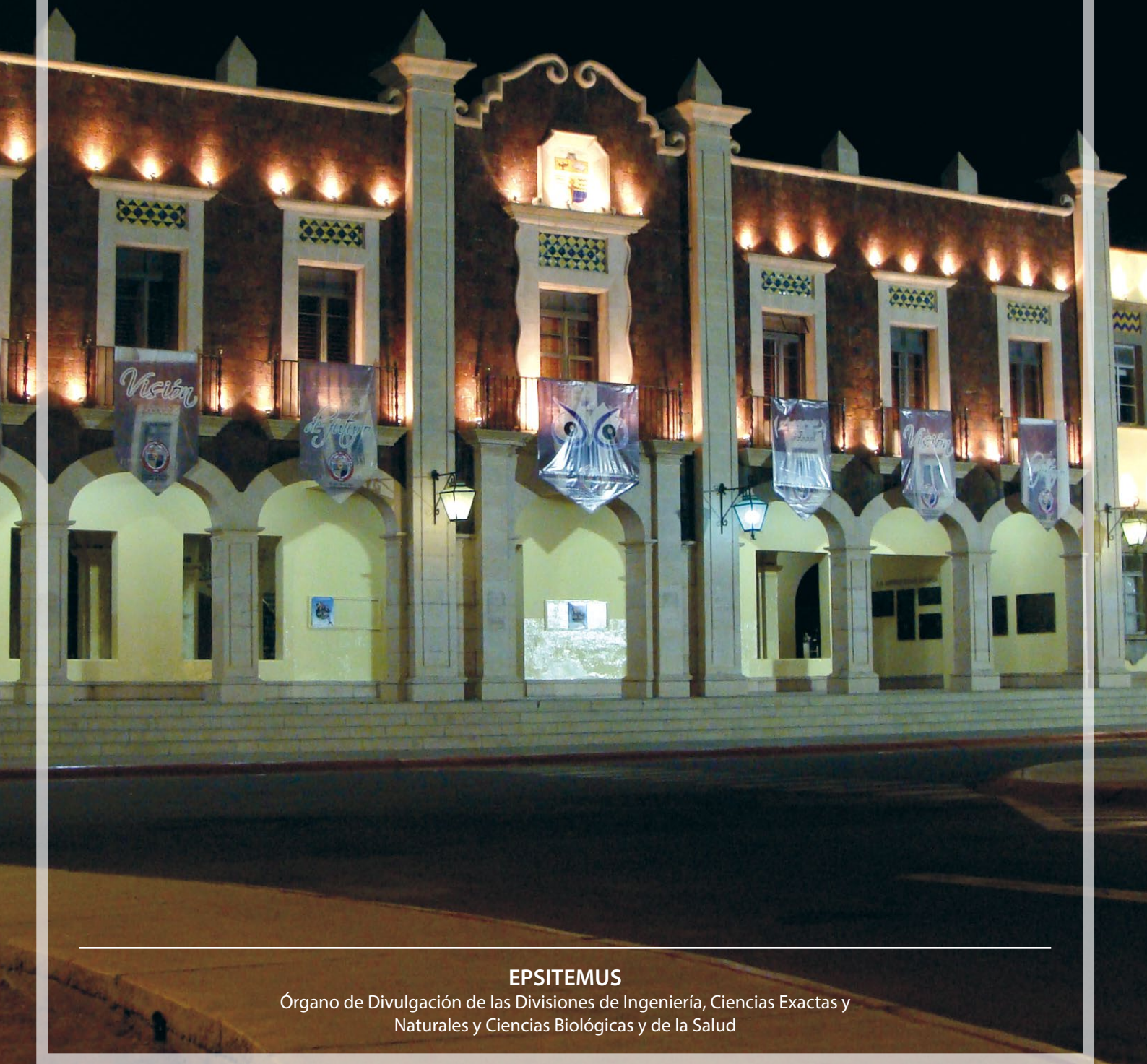
Reprogramación del splicing alternativo
de genes asociados a cáncer de mama

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



CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA FLORA FANEROGÁMICA SILVESTRE DE VICENTE GUERRERO, DURANGO, MÉXICO.
DAVID RAMÍREZ NOYA

7



PENSAMIENTO COMPUTACIONAL Y APRENDIZAJE ADAPTATIVO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON FRACCIONES
ABELARDO MANCINAS GONZÁLEZ
MANUEL FRANCISCO MONTIJO MENDOZA

12



ACIDO FERÚLICO EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y METABOLITOS URINARIOS EN BECERROS DESTETADOS
JAIME GALINDO-RENTERÍA
HUMBERTO GONZÁLEZ-RÍOS
LUZ VÁZQUEZ-MORENO
MARIA DEL REFUGIO ROBLES-BURGUEÑO
ARACELI PINELLI-SAAVEDRA

21



UN MODELO PARA GESTIONAR EL CONOCIMIENTO CONSIDERANDO LA CULTURA ORGANIZACIONAL EN LAS PYME'S
MARIO BARCELÓ VALENZUELA
ALONSO PEREZ-SOLTERO
JOSE LUIS OCHOA-HERNÁNDEZ
ESTEPHANY FIGUEROA SYMONDS

30

DESDE LA ACADEMIA



EMISIONES VOLCÁNICAS: ORIGEN E IMPACTO EN LA ATMÓSFERA
BENEDETTO SCHIAVO
CLAUDIO INGUAGGIATO
THANIA ELIZABETH ARREDONDO-PALACIOS
DIANA MEZA-FIGUEROA

39

POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



HELPDESK COMO ALTERNATIVA DE SOPORTE Y GESTIÓN TECNOLÓGICA PARA UNA EMPRESA TABASQUEÑA
ATILANO ORTIZ GONZÁLEZ
MARBELLA ARACELI GÓMEZ LEMUS
KARLA ALEJANDRA ZURITA CRUZ

46

CTS-EPISTEMUS



TEMPERATURA CORPORAL, TERMÓMETROS Y SALUD
BEATRIZ CASTAÑEDA
DIEGO SOTO-PUEBLA
DIANA MEZA-FIGUEROA
SOFÍA NAVARRO-ESPINOZA
MARTÍN PEDROZA-MONTERO

53



NANOPARTÍCULAS: EFECTOS EN LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE
SOFÍA NAVARRO-ESPINOZA
DIANA MEZA-FIGUEROA
DIEGO SOTO-PUEBLA
BEATRIZ CASTAÑEDA
MARTÍN PEDROZA-MONTERO

58



MODELO TRIDIMENSIONAL CON REALIDAD AUMENTADA PARA LA PROMOCIÓN DE LA CULTURA MAYA
OMAR SÁNCHEZ IZQUIERDO
LAURA BEATRIZ VIDAL TURRUBIATES
WENDI MATILDE SANTIAGO LEÓN

65



REPROGRAMACIÓN DEL SPLICING ALTERNATIVO DE GENES ASOCIADOS A CÁNCER DE MAMA
KATE ARIADNA ROSSANO GUTIÉRREZ
NANCY MARTÍNEZ MONTIEL
MARICRUZ ANAYA RUIZ
MAYRA PATRICIA GASPARIANO CHOLULA
REBECA D. MARTÍNEZ CONTRERAS

75

EPISTEMUS



UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 15, No. 30, enero-junio 2021 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) 2592157, (662)2592183, www.epistemus.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 interno de la Editorial de Epistemus de la Universidad de Sonora; fecha de la última modificación 17 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)2592157, Correo electrónico: revista.epistemus@correom.uson.mx, At'n. Dr. José Luis Ochoa Hernández, Editor ejecutivo.

EPISTEMUS está Indexada AURA, en el portal especializado en Revistas Científicas y Académicas publicadas en América Latina y el Caribe (Biblat), en el portal de difusión de la Fundación Dialnet de la Universidad de la Rioja, España, Directory of Open Access Journal (DOAJ), en E-Z3 de Alemania, en el Google Académico, I40C – Crossref, el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX), Base de datos MIAR, en la base de datos Open Aire de Europa, en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (PERIODICA), en los repositorios de la Unison CRIS-Unison, Catalogo de Libros y Ciencia Unison.

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 Encinas 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 editores asociados invitados que colaboran con nosotros y que son fundamentales para continuar consolidando la revista y buscar llevarla a otro nivel ingresando a otros catálogos.

A continuación, se muestra una breve síntesis de las distintas aportaciones locales, nacionales e internacionales, por ejemplo, en el plano local los autores pertenecientes al ITH de Hermosillo, Sonora, nos hablan sobre el pensamiento computacional y el aprendizaje adaptativo en la resolución de problemas con fracciones en niños de 4to grado de educación básica donde se concluye la mejor forma de aprender es iterando y realizando varios ejercicios. También, desde el departamento de Ingeniería Industrial se presenta un modelo para gestionar el conocimiento considerando la cultura organizacional en las PYMES, donde la prioridad es aprovechar el conocimiento en beneficio de la organización, mejorando sus procesos productivos y optimizando sus recursos.

Se sabe que la medición de temperatura ha sido desde siempre uno de los retos de la medicina, en esta investigación se habla de instrumentos modernos que permiten obtener lecturas sin contacto corporal. Por otro lado, las Nanopartículas, son un tema

de gran interés, que acompañadas de nanotecnología pueden llegar a ser beneficiosas, por ahora se concluye que, la acumulación de estas en el ambiente afecta a organismos y plantas.

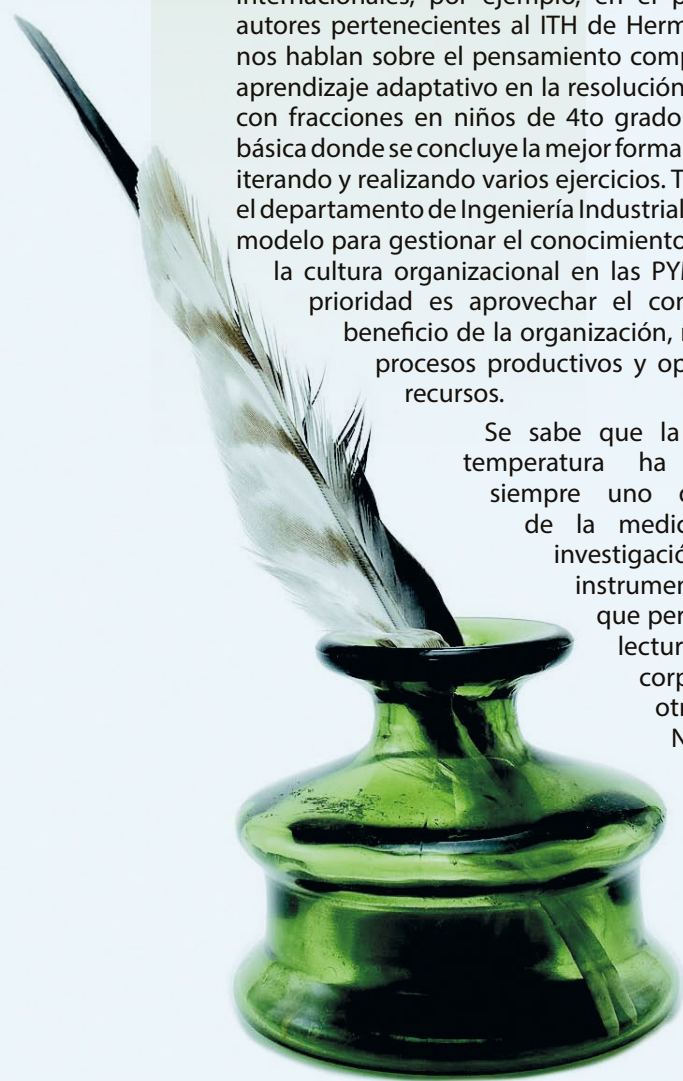
En el plano nacional se presenta un estudio de la zona de Vicente Guerrero en Durango, México, el autor presenta un listado de 506 especies clasificados en 335 géneros de 86 familias de flora fanerogámica, listado muy interesante para los de esta área de investigación según la retroalimentación que hicieron los revisores. Investigadores del CIAD, presentan el estudio del Ácido felúrico en el comportamiento productivo en becerros separados de la madre de manera precoz, concluyen que no hay acumulación de este ácido, por lo que no hay problema. Desde el CICESE de Baja California nos hablan del estudio de los gases volcánicos, los cuales contribuyen a la creación de la primera atmósfera del planeta y que contribuyen a la regulación del clima.

En Tabasco proponen una herramienta tecnológica para mejorar la atención al cliente satisfaciendo sus necesidades implementando una metodología llamada ITIL la cual permite adecuar los procesos internos. De esta misma región se propone un estudio basado en modelo tridimensional para la promoción de la cultura maya, ya que comentan que la tecnología de realidad aumentada crea grandes experiencias al usuario, para ello proponen 3 estructuras monumentales restauradas digitalmente que dejan ver cómo eran en realidad.

Y, por último, un estudio realizado en Puebla habla sobre tratamientos nuevos para el cáncer de mama, en concreto splicing alternativo. El cáncer de mama sabemos que es la primera causa de muerte por este tipo de enfermedad, sin embargo, este tratamiento considera ideal el uso de oligonucleótidos antisentido para tratar el cáncer.

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.

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA FLORA FANEROGÁMICA SILVESTRE DE VICENTE GUERRERO, DURANGO, MÉXICO.

Contribution to knowledge of wild species of phanerogams in Vicente Guerrero, Durango, Mexico.

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)

David Ramírez Noya ¹

Recibido: 07 / 04 / 2021

Aceptado: 04 / 11 / 2021

Publicado: 08 / 11 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.141>

Autor de Correspondencia:
David Ramírez Noya
Correo: dramirezni@ipn.mx;
davidrnoya@yahoo.com.mx

Resumen

Se presenta un listado preliminar de 506 especies en 335 géneros, de 86 familias de flora fanerogámica, derivado de la determinación taxonómica del material recolectado, en Vicente Guerrero, Durango. Así también se describe brevemente el tipo de comunidad vegetal. Se concluye que la familia Asteraceae es la mejor representada cuyo inventario está prácticamente completo.

Palabras clave: florística, biodiversidad, vegetación, altiplano mexicano.

Abstract

A preliminary list of 506 species in 335 genera, from 86 families of the phanerogamic flora is presented, derived from taxonomic determination of the collected material in Vicente Guerrero, Durango. The type of plant community is also briefly described. It is concluded that the family Asteraceae is the best represented, as well as its inventory is practically complete.

Keywords: floristics, vegetation, biodiversity, Mexican plateau.

¹ Biólogo en el Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (CIIDIR-IPN-U-DGO.) Durango, México, Correo Electrónico: dramirezni@ipn.mx

INTRODUCCIÓN

Los inventarios florísticos son cimientos imprescindibles para el conocimiento de la biodiversidad vegetal de cualquier área geográfica, lo cual permite valorar su riqueza y estimar en parte su estado de conservación. Por lo que el presente reporte tiene como objetivo, contribuir al conocimiento de la flora fanerogámica silvestre de Vicente Guerrero región ubicada al sureste de Durango (Dgo).

Para esta entidad de México, en años recientes, los trabajos diversos que incluyen estudios florísticos como parte sustancial de las investigaciones, se reportan los de Ramírez y Herrera [1] en el cual se analiza la flora de asteráceas y su nivel de endemismo, para las cercanías de la comunidad El Durazno, al norte del municipio de Tamaquila, Durango. Así mismo, Ramírez [2] presenta un análisis de la diversidad de los géneros de la flora fanerogámica, de Vicente Guerrero, Dgo. Por otra parte, Avalos [3] estudia las especies silvestres y naturalizadas del género *Opuntia* mediante el esclarecimiento de su identidad taxonómica, con apoyo en un análisis morfométrico, en la de Comunidad Santiago Bayacora, Durango. Por su parte, Delgado [4] analiza la riqueza y patrones de distribución de las especies de Malvaceae en la Sierra Madre Occidental. Finalmente, Villaseñor [5], en forma extensa, presenta un catálogo de plantas vasculares nativas de México, en el cual se incluyen todas las especies reportadas hasta el año 2016, no solo para Durango, si no todo el país. Más reciente, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SRNyMA) [6] hacen descripciones de las comunidades biológicas (flora y fauna) presentes en Durango y los elementos más representativos que los conforman.

La información presentada en los documentos antes descritos, fue indispensable para el conocimiento de los nombres científicos de las plantas, al menos a nivel de género; además fue útil para el correspondiente análisis e interpretación de los resultados de este trabajo.



DESARROLLO

El área geográfica de estudio es el Municipio de Vicente Guerrero, que se ubica al sureste de Durango, con una superficie aproximada de 430 km² [7], sus coordenadas son: 23° 30' a 24° 15' LN y 103° 50' a 104° 05' LO [8]. Limita al este con el municipio de Sombrerete, Zacatecas, al norte, sur y oeste con Poanas, Súchil y Nombre de Dios, Durango, respectivamente. El área presenta en su mayor parte, un clima de tipo BS₁ kw(w) [9], con una altitud media de 2250 m s.n.m.

En base a la clasificación de González *et al.* [10], la vegetación existente en dicha región está integrada básicamente de matorral xerófilo, cuyos dominantes fisonómicos son "Mezquite" (*Prosopis laevigata*), "Huizache" (*Acacia schaffneri*), *Opuntia* spp., *Celtis* sp. y en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental destacan comunidades dominadas básicamente por diferentes combinaciones de: *Pinus cembroides*, *Arctostaphylos pungens*, *Forestiera angustifolia*, *Quercus* spp., *Rhus* spp., *Juniperus deppeana*, *Acacia schaffneri* y *Opuntia* spp.

MÉTODO DE TRABAJO

Para lograr el objetivo del presente estudio, se realizaron recorridos de búsqueda de especies de Espermatofitas, efectuando registros visuales y recolecta de especímenes de plantas en floración, que permitiera ir integrando listados de la flora fanerogámica. Esta búsqueda fue intermitente en diferentes meses del año entre los periodos de 1984 al 2019.

El material vegetal progresivamente recolectado se manejó conforme a la técnica descrita por Lot y Chiang [11]; a fin de procesar estas muestras en el Herbario Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (CIIDIR), con el objeto de ir integrando la información de campo. Además, anex-



ando los registros de los nombres, de aquellos elementos de la vegetación, de los que fue posible obtener, su identificación taxonómica inmediata, esto con solo analizar visualmente las características morfológicas del ejemplar, en su hábitat natural. Esto para conformar paulatinamente el inventario de especies.

Al momento de la recolección del material vegetal, se anotaron los datos correspondientes a; fecha, localidad,

hábitat y tipo de comunidad vegetal. En este aspecto, durante las primeras tres décadas las coordenadas geográficas y la altitud (en metros sobre el nivel del mar) se estimaron, básicamente con el auxilio de cartas topográficas (1: 50,000) del INEGI [8]. Para años recientes dichos parámetros fueron obtenidos con el apoyo del programa informático *Google Earth* [12] en sus diferentes versiones.

En el herbario del CIIDIR se procedió a revisar las muestras recolectadas en campo y realizar su determinación taxonómica, al través del uso de las claves dicotómicas existentes en monografías, estudios florísticos o taxonómicos, para el presente trabajo se utilizaron básicamente, las obras correspondientes a las siguientes citas: Correll y Johnston [13], Rzedowski [14,15], Standley [16], Henrickson [17] y Mc Vaugh [18], entre otros. Además, fue muy útil las descripciones e imágenes de los taxa existentes en las páginas web; W3TROPICOS [19]; SEINet [20]; Flora del Bajío [21] y Naturalista [22], principalmente. En la mayor parte de las muestras, se cotejó con los especímenes depositados en el Herbario CIIDIR.

RESULTADOS

En el presente trabajo se conjunta y complementan los listados previamente reportados y dista mucho de ser completo. Aún existe un porcentaje considerable de géneros y especies (y seguramente también a nivel de familia) por tomar en cuenta para el presente inventario, tanto por la falta de recolección de plantas, como por las dificultades



para el autor, en lograr las identificaciones taxonómicas respectivas.

A la actualidad se ha logrado el registro de 506 especies en 86 familias (Anexo 1), de lo cual el taxa mayormente muestreado y estudiado fue el de las Asteráceas (que incluye a la familia de las margaritas, girasoles, dalias, cempales, crisantemos y otros), obteniendo al momento 166 especies de la familia Compositae y de las cuales, conforme al listado reciente de Villaseñor [5], son seis nuevos registros para Durango; *Aztecaster matudae*, *Eutetras palmeri*, *Chaptalia nutans*, *Schkuhria multiflora*, *Simsia calva* y *Zaluzania triloba*.

Respecto a los componentes de la familia Poaceae, los ejemplares recolectados son escasos. Las especies aquí enlistadas fueron transcritas de lo existente en el banco de información del herbario CIIDIR.

CONCLUSIONES

Además de considerar a los elementos de la familia Asteraceae, el taxa más muestreado y mayormente trabajado en laboratorio, también se estima tener inventariado al menos 95% del total de las especies que se espera coexisten para esta área geográfica de estudio.

Para esta región del norte de México, Rzedowsky [23] propuso hace 49 años, la distinción de albergar una de las diversidades más altas de Asteráceas del país. Con los resultados de este trabajo se confirma dicha propuesta, al comparar las cifras con los resultados de Pérez et al. [24] para la Península de Yucatán en el cual se reportan 147 especies de Asteraceas (cifra inferior al que se presenta en el listado del anexo 1) y en el cual circunscriben una superficie muestreada de 151,515 km², de territorio peninsular, 352 veces mayor ésta en relación a la explorada en el presente estudio.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo representa en parte, los resultados de las actividades de los proyectos de investigación (del I.P.N.), claves: DEPI-841749, DEPI-980005, DEPI-990387, SIP-20090070, SIP-20140764, SIP-20151194, SIP-20160729, SIP-2017928, SIP-20180988 y SIP-20201733, financiados por el Instituto Politécnico Nacional y del mismo modo al proyec-





to con clave: 2019-RE-064; RG025. Además, se agradece el apoyo formidable durante los muestreos en campo, de los señores (f) Ignacio Montelongo Pérez y Ma de Lourdes Juárez Argumedo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Ramírez y Y. Herrera, "Asteraceae en el Durazno y cercanías, norte de Tamazula, Durango (México): Riqueza, distribución y endemismo", *J. Bot. Res. Inst. Texas*, vol. 9, no. 2, pp. 453-470, dec. 2015.
- [2] D. Ramírez, "Diversidad genérica en la flora fanerogámica silvestre de Vicente Guerrero, Dgo.", *Vid Supra*, vol. 7, núm. 2, pp. 38-42. Ene-Jun 2015.
- [3] I. Avalos. (2016, agosto 16). Contribución al conocimiento de *Opuntia*, Cactaceae en Santiago Bayacora, Durango, México. [Online]. Available: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/18318>
- [4] D. A. Delgado (2016-Oct-05). Diversidad y distribución de malváceas de la Sierra Madre Occidental. [Online]. Available: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/19332>
- [5] J.L. Villaseñor (2016). Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>.
- [6] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Durango (SRNyMA). La Biodiversidad en Durango; estado de estudio. CONABIO y SRNMA-DGO. Cap 5, Bosques tropicales. 2017. pp. 185-259.
- [7] INEGI, Vicente Guerrero, Dgo., Cuaderno estadístico municipal, 1ª ed. INEGI, Aguascalientes, Méx. 1995. pp 10.
- [8] CETENAL, Cartas topográficas, 1:50,000. La Joya, F13 B14; La Parrilla F13 B23, Nombre de dios F13 B13 V. Guerrero F13 B24. México, D.F. 1975.
- [9] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Durango (SRNyMA). La Biodiversidad en Durango; estado de estudio. CONABIO y SRNMA-DGO. Cap. 1, Contexto Físico. Clima. 2017. pp. 31-45.
- [10] S. González, M. González, & M.A. Márquez, Vegetación y ecorregiones de Durango, Ed. Plaza y Valdés, México, DF, 2007, pp. 68-69.
- [11] A. Lot y F. Chiang (compiladores), Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos, Inst. Biol. UNAM, Consejo Nacional de la Flora de México, México

DF, 1986, pp. 87-133.

- [12] Google Earth Pro, 2018, US. Dept of State Geographer, 2018 Google Image landsat / Copernicus. Data SIO, NOAA, US. Navy, NGA, GEBCO.
- [13] D. S. Correll & M.C. Johnston, Manual of the Vascular Plants of Texas, Texas Research Foundation, Renner, Texas, 1881, p. 1970
- [14] J. Rzedowski, Claves para la identificación de los géneros de la Familia Compositae en México, Act Cient Pot, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., Méx, 145 pp, 1978.
- [15] J. Rzedowski y G.C. Rzedowski, Flora Fanerogámica del Valle de México vol. III, ed. IPN., e Inst. Ecol. México DF, 493 pp. 1990.
- [16] P.C. Standley, Trees and shrubs of México, Smith. Inst., Washington DC, 23 (1). 1920-1926.
- [17] J. Henrickson and MC. Johnston (manuscripts), A Flora of The Chihuahuan Desert Region, L. A. Cal. USA, 1997.
- [18] R. Mc Vaugh, Flora Novo-Galiciana, Compositae, vol. 12, Contr. Univ. Mich. Herb. Ann. Arbor, 1984.
- [19] W3TROPICOS, [on line]. Available: <https://www.tropicos.org/home>
- [20] SEINet, [on line]. Available: <https://swbiodiversity.org/seinet/imagelib/index.php#>
- [21] Flora del Bajío, INECOL [online]. Available: <http://inecolbajio.inecol.mx/floradelbajio/index.php/fasciculos/publicados>
- [22] Naturalista, [online]. Available: <https://www.naturalista.mx/taxa/211194-Tracheophyta>
- [23] J. Rzedowski, "Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México III. Algunas tendencias en la distribución geográfica y ecológica de las Compositae mexicanas", *Ciencia*. Vol. 27, no 5, pp.123-132, mayo 1972.
- [24] Pérez-Sarabia J., R. Duno de Stefano, G. Carnevali Fernández-Concha, I. Ramírez Morillo, N. Méndez-Jiménez, P. Zamora-Crescencio, C. Gutiérrez-Báez, W. Cetzal-Ix, (2021 Ago 24). El conocimiento florístico de la Península de Yucatán, México, [online]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682017000200039

Cómo citar este artículo:

Ramírez Noya, D. CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA FLORA FANEROGÁMICA SILVESTRE DE VICENTE GUERRERO, DURANGO, MÉXICO. *EPISTEMUS*, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.141>



PENSAMIENTO COMPUTACIONAL Y APRENDIZAJE ADAPTATIVO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON FRACCIONES

*Computational thinking and adaptive learning in
problem-solving with fractions*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Abelardo Mancinas González ¹

Manuel Francisco Montijo Mendoza ²

Recibido: 14 / 07 / 2021

Aceptado: 02 / 10 / 2021

Publicado: 09 / 11 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.171>

Autor de Correspondencia:

Abelardo Mancinas González

Correo: amancinas@hermosillo.tecnm.mx

Resumen

El estudio tiene por objetivo identificar los tipos de pensamiento computacional presentes en la resolución de problemas con fracciones, así como explorar el rol del aprendizaje adaptativo en esta actividad, en niños de cuarto grado de educación básica. El diseño de investigación es de estudio de caso y consistió en la resolución de ejercicios con fracciones por un grupo de estudiantes, a través de una aplicación móvil basada en el aprendizaje adaptativo desarrollada para realizar las pruebas. Los resultados muestran que las modalidades de pensamiento computacional presentes en el test son las de ensayo y error, iteración y recursividad, con una predominancia de esta última. Así mismo, la adaptación de los ejercicios por el sistema, en función de las capacidades individuales de los niños, señala los beneficios que tiene para el aprendizaje de las fracciones el apoyarse en este tipo de tecnología.

Palabras clave: aprendizaje adaptativo, aprendizaje de fracciones, pensamiento computacional.

Abstract

This research is aimed to identify the modalities of computational thinking in problem-solving with fractions, as well as to explore the role of adaptive learning in this learning task in children of elementary school. The research design is a case study. A group of students using a mobile application based on adaptive learning, developed to carry out the tests, solving problems with fractions. The results show that the modalities of computational thinking present in the test are trial and error, iteration, and recursion, with a prevalence of recursion. At the same time, the adaptation of the problems with fractions by the mobile application according to the individual capacities of the children indicates the benefits that this type of technology has for learning fractions.

Keywords: adaptive learning, computational thinking, fraction learning.

¹ Doctor en Educación, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo, Sonora, México, amancinas@hermosillo.tecnm.mx, <https://orcid.org/0000-0001-8149-4900>

² Ingeniero en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo, Sonora, México, manuelmontijo21@gmail.com



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

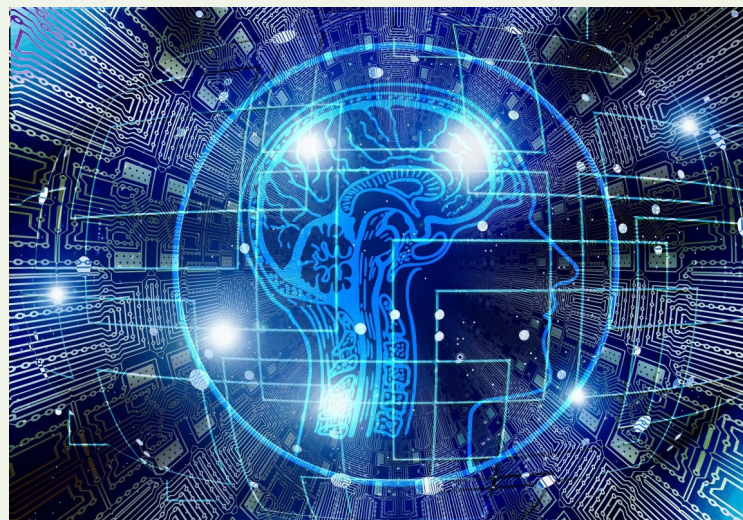
INTRODUCCIÓN

-El aprendizaje de las matemáticas en general y de las operaciones con fracciones en particular por estudiantes de educación básica, constituye en la actualidad uno de los problemas que aqueja a la educación primaria en México. Los resultados de pruebas como PLANEA o las realizadas por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), arrojan que en matemáticas los estudiantes tienen un nivel de insuficiencia del 59.1 % [1], a la vez que experimentan dificultades para identificar y comparar fracciones, realizar operaciones básicas de suma y resta con ellas, multiplicarlas por un número natural o su uso en la división, entre otros problemas [2].

Resultados similares, tanto en México como en el extranjero, arrojan las diferentes investigaciones llevadas a cabo para diagnosticar las causas de esta problemática y encontrar posibles soluciones a la misma [3], [4], [5]. Con el paso de los años, los libros de texto gratuitos publicados por la Secretaría de Educación Pública (SEP) con ejercicios de matemáticas, se han ido adaptando de tal manera que sus contenidos sean acordes con la experiencia cotidiana del niño [6]. Lo anterior, debido el esfuerzo que implica el inicio del alumno al pensamiento abstracto, en esa etapa de su desarrollo cognitivo, a través de la representación numérica y geométrica de los objetos y fenómenos de su entorno incluso con el uso de TIC [7].

El aprendizaje de las fracciones inicia en tercer grado de primaria y es fundamental en el proceso de razonamiento abstracto de los estudiantes, así como en el éxito o fracaso de estos últimos en grados escolares posteriores [8]. A pesar de las innovaciones pedagógicas introducidas en los libros de texto basadas en el estudio de la didáctica de las matemáticas, el aprendizaje de las fracciones continúa siendo una asignatura pendiente en México.

Por otra parte, con la introducción de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la escuela y



su rápida evolución, han surgido nuevas herramientas que pueden ayudar al docente de educación básica. Destacan, por una parte, el pensamiento computacional como estrategia cognitiva en la resolución de problemas relacionados con operaciones básicas con fracciones como es el caso del ensayo-error, la iteración y la recursividad, que constituyen estrategias de razonamiento aptas para abordar problemas relacionados con la abstracción matemática [9]. Por la otra, el aprendizaje adaptativo que brinda la oportunidad a los infantes de avanzar a su propio ritmo, en función de sus capacidades y aptitudes [10], a la vez que ofrece al maestro un apoyo para detectar de forma temprana los problemas de aprendizaje de sus alumnos.

Así, la dificultad que experimentan los niños en el aprendizaje de las fracciones constituye un obstáculo que les impide desarrollar el pensamiento lógico-matemático, considerado como fundamental en las etapas posteriores de su educación, por lo que se requiere de nuevos enfoques para abordar la problemática antes descrita. Esto conduce





a formular las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son las modalidades de pensamiento computacional implicadas en la resolución de ejercicios con fracciones por estudiantes de cuarto grado de educación primaria?

¿Cuál es el rol del aprendizaje adaptativo en la resolución de ejercicios con fracciones en estudiantes de educación básica?

Es sobre la problemática antes descrita y las herramientas antes mencionadas, pensamiento computacional y aprendizaje adaptativo, que trata el presente estudio. Su objetivo principal es el de identificar los tipos de pensamiento computacional presentes en la resolución de problemas con fracciones, así como explorar el rol del aprendizaje adaptativo en esta tarea en niños de cuarto grado de educación básica.

Para llevar a cabo la investigación se procedió en tres etapas: 1) Identificación de las modalidades de pensamiento computacional implicadas en la resolución de ejercicios con fracciones, a través del uso de entorno de programación Scratch; 2) Diseño y desarrollo de una aplicación móvil basada en el aprendizaje adaptativo, que contiene 51 ejercicios con fracciones organizados en tres niveles de dificultad: bajo, medio y alto; 3) Suministro de un test de ejercicios con fracciones usando la aplicación móvil.

ANTECEDENTES

El pensamiento computacional se relaciona con procesos cognitivos vinculados con el planteamiento de problemas y la búsqueda de soluciones a los mismos. Las soluciones pueden ser ejecutadas por un humano, una computadora o la combinación de ambos, mediante el procesamiento de información [11].

El objetivo principal del pensamiento computacional es el desarrollo de habilidades de pensamiento como las que posee un científico de la computación. Tal es el caso del razonamiento por abstracción, el pensamiento crítico o la resolución de problemas. A lo antes expresado se debe

agregar la capacidad de cálculo de las computadoras para explorar nuevas técnicas para producir conocimiento [12]. Este último es el caso de la simulación informática, que ha venido a sumarse a los métodos cuantitativos y cualitativos utilizados por la ciencia contemporánea.

Desde una perspectiva pedagógica, el pensamiento computacional se caracteriza por una manera de razonar que fomenta el análisis y la relación de ideas para la organización y representación lógica, lo cual lo hace propicio para su uso en entornos de aprendizaje basados en TIC desde una edad temprana [9].

Por su parte, el aprendizaje adaptativo tiene como premisa la adaptación del proceso educativo a las fortalezas y debilidades de cada estudiante. Se trata de una nueva modalidad de aprendizaje basada en las TIC que busca adaptar el aprendizaje a las necesidades, dificultades, capacidades y estrategias cognitivas de cada estudiante, en función de los datos que este aporta en su interacción con los componentes de un curso y datos adicionales en proveniencia de test psicométricos y estilos de aprendizaje, entre otros [13], [14].

Su origen se remonta a las aportaciones al aprendizaje por ensayo y error y la ley del efecto realizadas por Thorndike, así como a las máquinas de enseñanza y la teoría de la enseñanza programada de Skinner [15], al igual que a los trabajos, llevados a cabo más tarde por Papert, sobre el uso de las computadoras por niños basándose en los trabajos de Piaget y Vigotsky [16].

Actualmente esta modalidad de aprendizaje se desarrolla con la incorporación de tecnologías provenientes de la inteligencia artificial como el aprendizaje automatizado [17], así como el recurso a analíticas de aprendizaje [18]. Esta tecnología educativa se asume como un reto, ya que su uso es aún precario y pocas instituciones ponen énfasis en su desarrollo. Hasta el momento se ha utilizado principalmente en universidades, en la enseñanza de disciplinas altamente estructuradas como las matemáticas, la física o la química [19].

En la actualidad tanto empresas editoriales como las dedicadas al desarrollo de plataformas digitales con fines educativos, ofrecen servicios de aprendizaje adaptativo a través de sistemas en línea. A la vez, se acepta que adaptar la enseñanza a las capacidades individuales del alumno es una necesidad latente.

MÉTODO DE TRABAJO

Esta investigación tiene un enfoque mixto y un alcance exploratorio. Se utilizó un diseño de estudio de caso, en lugar del diseño cuasi experimental previsto originalmente, debido a la imposibilidad de acceder a un grupo experimental y a un grupo de control de una escuela primaria pública. Este cambio se justifica por la situación debida a la pandemia COVID-19.

La muestra, de casos tipo, estuvo compuesta por 10 niños de cuarto grado de educación básica, en proveniencia de escuelas primarias de la ciudad de Hermosillo. Debido

a la situación de pandemia antes mencionada, se procedió a solicitar el permiso de padres de familia conocidos, con el fin de que accedieran a que sus hijos evaluaran la aplicación móvil cuyo diseño se describe más adelante.

Modalidades de pensamiento computacional

Con la finalidad de identificar los tipos de pensamiento computacional implicados en la resolución de problemas con fracciones, se procedió a trabajar con una muestra de 30 ejercicios con diferentes niveles de dificultad tomados del libro oficial de texto de cuarto grado de primaria, cuya resolución fue analizada utilizando el entorno de programación Scratch, orientado niños y jóvenes [20].

Diseño de la aplicación móvil

Para observar los tipos de pensamiento computacional utilizados y las posibilidades del aprendizaje adaptativo en la resolución de problemas con fracciones, se diseñó una aplicación móvil compuesta por los siguientes módulos: inicio, mostrado en la Figura 1, razonamiento y recomendador.

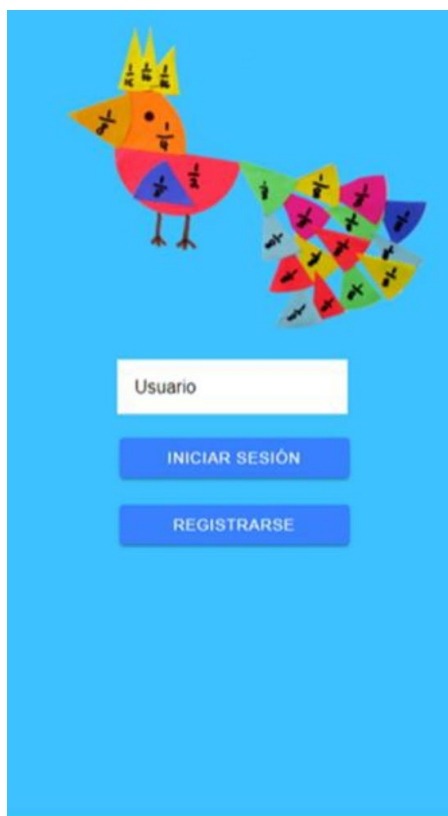


Figura 1. Inicio de la aplicación móvil.

El docente asigna una actividad en forma de prueba de fracciones, con la cual se obtiene una clasificación inicial del alumno. Por su parte, el estudiante realiza los ejercicios asignados y se ingresan los datos al módulo de razonamiento como se presenta en la Figura 2.

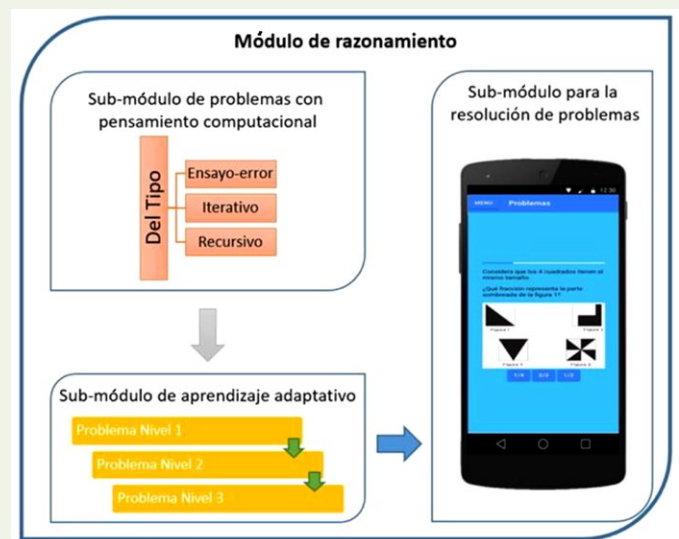


Figura 2. Módulo de razonamiento.

A su vez, el módulo de razonamiento informa de los errores resultantes durante la realización de la prueba, con el fin de que el alumno reflexione sobre ellos. Así mismo, se notifica al profesor sobre los resultados del usuario para que este realice una interacción personal o grupal con los niños.

El sistema propondrá una serie de ejercicios adaptativos acorde a cada alumno. A partir de este momento y dependiendo del avance, aciertos y destrezas mostradas, el estudiante podrá avanzar al siguiente ejercicio con un nivel de dificultad mayor o, en caso contrario y después de tres intentos, la aplicación desplegará una alerta de que requiere la ayuda del profesor. Las alertas también pueden ser visualizadas en el reporte diario que es enviado por correo al docente. El funcionamiento general de la aplicación se ilustra en la Figura 3.



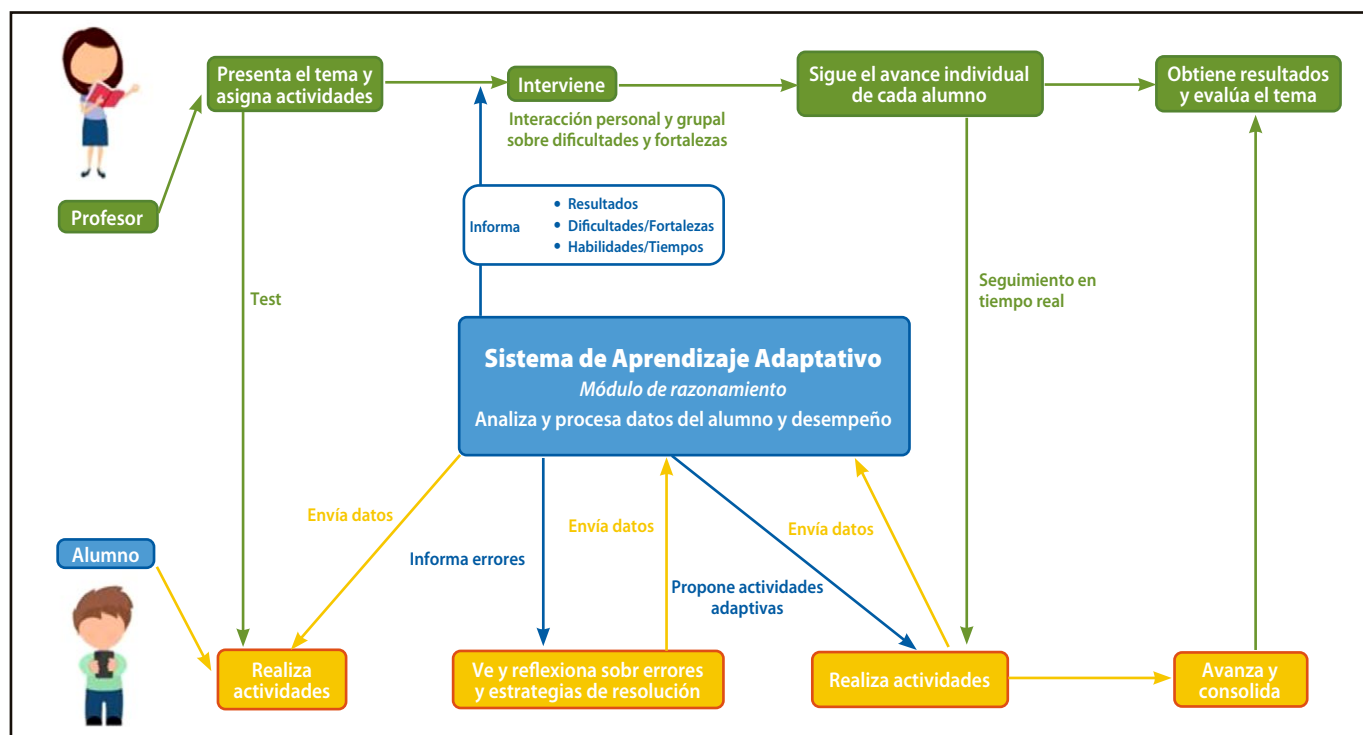


Figura 3. Funcionamiento de la aplicación móvil.

RESULTADOS

De las 14 modalidades de pensamiento computacional inventariadas [9], se seleccionaron las de ensayo y error, iteración y recursividad descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de pensamiento computacional en la resolución de ejercicios con fracciones.

Tipo de pensamiento computacional	Descripción
Ensayo y error	Es un proceso de resolución de problemas por aproximaciones sucesivas. Resulta clave para los estudiantes que se inician en la resolución de problemas con fracciones, ya que estos ponen a prueba los modelos cognitivos creados a partir de la experiencia cotidiana, comparándolos con representaciones abstractas en el caso de las fracciones.
Iteración	Consiste en una serie de procedimientos repetitivos utilizados en los lenguajes de programación. Esta forma de pensamiento se inicia desde una edad temprana en el aprendizaje de las fracciones, mediante el desdoblamiento de operaciones y la construcción del esquema de fracción iterativo [9].
Recursividad	Es un proceso a través del cual una función se llama a sí misma de manera iterativa, hasta el logro de una condición predefinida. Cuando un problema debido a su complejidad no puede ser resuelto, se remite a otro problema menor con las mismas características pudiendo ser resuelto.



Se eligieron estas tres formas de pensamiento computacional debido a que en las pruebas realizadas se encontró que eran las más utilizadas, dadas las condiciones iniciales de los niños como aprendices.

Así, para el caso de la suma y la resta con fracciones se determinó que estas dos operaciones están ligadas a la iteración, dado que son procedimientos repetitivos en las primeras etapas de desarrollo del infante.

Por su parte, la multiplicación se relaciona con el ensayo y error ya que para resolver este tipo de ejercicios se recurre a los sentidos, la experimentación y la representación de las ideas obtenidas de la experiencia.

En el caso de la división, esta se corresponde con la recursividad debido a que estos problemas no pueden, por lo general, ser resueltos como tales pero si ser remitidos a otros problemas más sencillos y con las mismas características.

Resolución de ejercicios

Se obtuvo un buen nivel de compromiso, por parte de los usuarios, en la resolución de problemas mediante la aplicación. Los estudiantes mostraron interés en realizar la prueba y comentaron que los problemas tenían el nivel adecuado para su edad.

En la Tabla 2 se muestra la correlación existente entre ejercicios con fracciones, tipo de pensamiento computacional y cantidad de actividades recomendadas.

Tabla 2. Correlación entre ejercicios con fracciones, tipo de pensamiento computacional y actividades recomendadas a través de videos didácticos.

Nombre del ejercicio	Tipo de pensamiento computacional	No. de actividades recomendadas.
Medios cuartos y octavos	Ensayo y error	10
¿Qué parte es?	Iteración	10
En partes iguales	Recursividad	10
La recta numérica	Recursividad	16
Reparto de manzanas	Iteración	10
Saltos	Ensayo y error	12
Dosis de medicamento	Iteración	12
Moños	Ensayo y error	12
¿Qué parte es?	Recursividad	13
¿Qué parte es?	Iteración	13
Cuadrados	Recursividad	13
Sombras	Ensayo y error	13

En lo que respecta al tiempo promedio para resolver los ejercicios, por niveles de dificultad aquellos clasificados como de nivel bajo tardaron un promedio de 3 minutos y 11 segundos, mientras que los cinco que llegaron al nivel medio ocuparon 4 minutos con 33 segundos. Finalmente, al nivel de dificultad alto llegaron tres alumnos con tiempos de 26 y 36 segundos para los dos primeros y 8 minutos para el tercero.





En relación con el número de intentos realizados por usuarios para resolver los problemas desplegados en la aplicación, con la ayuda de las actividades sugeridas por el módulo recomendador, un 30 % realizó de 1 a 3 tentativas, mientras que un 40 % se ubicó en un rango de 5 a 9 y un 30 % entre 12 y 15 ensayos. Por otra parte, los niños que después de tres intentos no pudieron resolver los ejercicios, la aplicación solicitó el apoyo personalizado del docente.

Una de las características más importantes de la aplicación es la detección de usuarios que necesitan ayuda personalizada cuando no puedan resolver los problemas por ellos mismos, aún con el apoyo del módulo recomendador. El número de estudiantes que necesitó ayuda personalizada fue del 50%.

En lo que concierne a los tres tipos de pensamiento computacional y el porcentaje en que estos fueron utilizados, se obtuvieron los siguientes resultados: recursividad 39.39%, iteración 30.30% y ensayo y error 30.30%.

Con respecto a la relación entre los niveles de dificultad de los ejercicios y el tipo de pensamiento computacional utilizado, se puede observar que no existe una correlación directa entre ambos factores como se aprecia en la Tabla 3. En todos los niveles se recurrió a las tres modalidades de pensamiento, a excepción de la recursividad en el nivel medio. Sin embargo, se puede apreciar una mayor presencia de la recursividad en el primer y último nivel. Tampoco se puede considerar que el tipo de pensamiento computacional esté asociado con el éxito de los estudiantes, ya que en el bloque de mayor dificultad están presentes las tres modalidades con predominio de la recursividad.

Tabla 3. Relación entre el nivel de dificultad de los ejercicios y la modalidad de pensamiento computacional.

Nivel de dificultad	Pensamiento computacional	No. de ejercicios	No. de alumnos que resolvieron los ejercicios
Bajo	Ensayo y error	3	10
	Iteración	2	
	Recursividad	8	
Medio	Ensayo y error	8	5
	Iteración	8	
	Recursividad	0	
Alto	Ensayo y error	4	3
	Iteración	2	
	Recursividad	12	



Finalmente, un punto crítico de la aplicación es la retroalimentación mediante actividades recomendadas. Así, un 30% de los estudiantes requirió entre 38 y 48 recomendaciones, un 10% de 25, un 30% de 14, mientras que otro 30% oscila entre 3 y 9.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de este estudio ha sido identificar los tipos de pensamiento computacional presentes en la resolución de problemas con fracciones, así como explorar el rol del aprendizaje adaptativo en esta tarea, en niños de cuarto grado de educación básica.

En lo que respecta al pensamiento computacional se seleccionaron tres tipos de un total de 14 disponibles: ensayo y error, iteración y recursividad. De los resultados obtenidos se concluye que las tres formas de pensamiento fueron utilizadas de manera equilibrada, destacando la recursividad con un 39.39%, mientras que la iteración y ensayo-error obtuvieron un 30.30% cada una.

En lo que concierne al aprendizaje adaptativo y en función del modelo de usuario, el sistema pudo detectar a los alumnos a partir de los intentos realizados para ejecutar un ejercicio y emitirles recomendaciones, a través de la visualización de videos didácticos que les sirvieran de apoyo para completar la tarea a realizar.

En relación con las preguntas de investigación sobre las modalidades de pensamiento computacional implicadas en la resolución de ejercicios con fracciones, se puede responder que los tres tipos están presentes en los diferentes niveles de dificultad, con predominio de la recursividad.

En cuanto a la pregunta sobre el rol del aprendizaje



adaptativo, debido a la detección del número de intentos de los usuarios por el sistema, estos recibieron apoyo con ejemplos basados en videos que les ayudaron a completar los ejercicios y pasar al siguiente nivel. Los que no lo lograron en las tres primeras tentativas fueron canalizados por la aplicación con el docente. El 100 % logró finalizar con éxito el primer nivel con al apoyo del módulo recomendador. Lo mismo sucedió con el 50% y 30% restante, que consiguió pasar al segundo y tercer grado de dificultad respectivamente.

Fomentar el uso del pensamiento computacional como apoyo en el aprendizaje inicial de las fracciones parece una opción viable, dadas las modalidades de esta forma de pensamiento implicadas. Incorporadas a sistemas de aprendizaje adaptativo, que incluyan analíticas de aprendizaje y módulos recomendadores, pueden resultar de gran ayuda para los docentes de educación básica que trabajan con grupos numerosos.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] INE, "La educación obligatoria en México". Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, Ciudad de México, Informe 2019, 2019.
- [2] PLANEA, "Evaluación interna 6° grado de educación primaria. Descriptores de niveles de logro", Secretaría de Educación Pública, México, 2020.
- [3] E. Reséndiz y CA. González, "Enseñanza de fracciones en tercer grado de primaria: análisis del discurso y prácticas pedagógicas", *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM*, vol. XXVIII, no.1, pp.109-138, enero-junio 2018.
- [4] N. Hansen, N. Jordan y J. Rodrigues, "Identifying learning difficulties in fractions: a longitudinal study of student growth from third through sixth grade", *Contemporary Educational Psychology*, vol. 50, pp. 45-59, July 2017, doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.11.002
- [5] M.N. Istiqomah y S. Prabawanto, "The difficulties of fifth grade students in solving mathematic fractions word problems", *Journal Basic Of Education*, vol.03, no.02, pp. 152-160, June 2019, doi:10.24269/ajbe.v3i2.1835
- [6] Secretaría de Educación Pública, *Desafíos matemáticos. Cuarto grado. Ciclo escolar 2020-2021*, México: SEP, 2020.
- [7] M.E. Sánchez, "El desarrollo del pensamiento abstracto en Educación Primaria mediante el uso de la Realidad Aumentada como recurso didáctico", M.E y TIC. tesis, Universitat Oberta de Catalunya, Membrilla, Ciudad Real, España, 2021, <http://hdl.handle.net/10609/133487>
- [8] C. A. Barbieri, J. Rodrigues, N. Dyson, N.C. Jordan, "Improving fraction understanding in sixth graders with mathematics difficulties: Effects of a number line approach combined with cognitive learning strategies", *Journal of Educational Psychology*, vol.112, no.3, pp. 628-648, June 2020, doi.org/10.1037/edu0000384
- [9] M. Zapata-Ros, "Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital", *Revista de Educación a Distancia (RED)*, no.46, pp. 1-47, septiembre 2015, <https://doi.org/10.6018/red/46/4>
- [10] J. Sjaastad y C. Tømte, "Adaptive Learning Systems in Mathematics Classrooms", en *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology*. Iowa: ISRES, 2018, pp. 30-46.
- [11] M. Guzdial, A. Kay, C. Norris y E. Soloway, "Computational

thinking should just be good thinking", *Communications of the ACM*, vol. 62, no. 11, pp. 28-30, November 2019, doi.org/10.1145/3363181

- [12] J. L. Zapotecatl, *Introducción al pensamiento computacional: conceptos básicos para todos*. México: Academia Mexicana de Computación, 2018.
- [13] Kinshuk. (2016). *Design adaptive and personalized learning environments*. Londres: Routledge.
- [14] C. López y L.P. Bedolla, "El aprendizaje adaptativo para la regularización académica de estudiantes de nuevo ingreso: la experiencia en un curso remedial de matemáticas", *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, no.74, pp. 206-220, diciembre 2020, doi.org/10.21556/edutec.2020.74.1627
- [15] J.C. Levy, *Adaptive Learning and the Human Condition*. New Jersey: Pearson, 2013.
- [16] S. Papert, *La máquina de los niños: replantearse la educación en la era de los ordenadores*. Barcelona: Paidós Ibérica, 2003
- [17] G. Marzano y V. Lubkina, "An adaptive learning model based on a machine learning approach. Information and Communication Technologies", in *Education- Conference on Mechatronics and Robotics*, Dubai, February 2020.
- [18] A. Mavroudi, M. Giannakos y J. Krogstie, "Supporting adaptive learning pathways through the use of learning analytics: developments, challenges and future opportunities", *Interactive Learning Environments*, vol.26, no.2, pp. 206-220 February 2017, dx.doi.org/10.1080/10494820.2017.1292531
- [19] M. Liu, E. McKelroy, S.B. Corliss y J. Carrigan, "Investigating the effect of an adaptive learning intervention on students' learning", *Education Tech Research* no. 65, pp.1605-1625, September 2017, doi.org/10.1007/s11423-017-9542-1
- [20] J. Fagerlund, P. Häkkinen, M. Vesisenaho y J. Viiri, Jouni, "Computational thinking in programming with Scratch in primary schools: A systematic review", en *Computer Applications in Engineering Education, Special Issue Article*, pp. 2-28 May 2020, doi.org/10.1002/cae.22255

Cómo citar este artículo:

Mancinas González, A., & Montijo Mendoza, M. F. PENSAMIENTO COMPUTACIONAL Y APRENDIZAJE ADAPTATIVO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON FRACCIONES. *EPISTEMUS*, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.171>

ACIDO FERÚLICO EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y METABOLITOS URINARIOS EN BECERROS DESTETADOS

Ferulic acid on productive performance and urinary metabolites of weaned calves

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Jaime Galindo-Rentería ¹

Humberto González-Ríos ²

Luz Vázquez-Moreno ³

Maria Del Refugio Robles-Burgueño ⁴

Araceli Pinelli-Saavedra ⁵

Recibido: 31 / 08 / 2021

Aceptado: 03 / 11 / 2021

Publicado: 09 / 11 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.173>

Autor de Correspondencia:

Araceli Pinelli-Saavedra

Correo: pinelli@ciad.mx

Resumen

El objetivo de este estudio piloto fue evaluar el efecto de ácido ferúlico (AF) sobre el comportamiento productivo y metabolitos en orina en becerros de destete precoz. Veintinueve becerros fueron distribuidos aleatoriamente en 4 corrales (2 corrales por tratamiento). Los tratamientos: control y AF (10 ppm kg⁻¹ peso vivo) por 30 días. Se registraron los pesos de los animales, se colectaron muestras de orina, al inicio y final de la suplementación y el consumo de alimento se registró diariamente. Se determinaron los metabolitos en orina por HPLC-DAD. No se encontraron efectos en el comportamiento productivo ($p > 0.05$). No se encontró presencia de AF, trans-isoferúlico ni de sus conjugados en la orina, solo la excreción de ácido hipúrico (AH) aumentó en el grupo suplementado con AF (282.97 µg mL⁻¹) respecto al grupo control (133 µg mL⁻¹). Los resultados sugieren que AF podría ser excretado como AH.

Palabras clave: ácido ferúlico, destete precoz, producción bovina.

Abstract

This pilot study aimed to evaluate the effect of ferulic acid (FA) supplementation on the productive performance and some of its metabolites in the urine of early weaning calves. Twenty nine calves were randomly distributed in 4 pens (2 pens per treatment). Treatments: control and FA (10 ppm kg⁻¹ live weight) for 30 days. Animal weights were recorded, urine samples were collected at the beginning and end of supplementation, and recorded feed intake daily. The excretion of metabolites in urine was determined by HPLC-DAD. FA did not show an effect on productive performance ($p > 0.05$). It was not found the presence of AF, trans-isoferulic, or its conjugated in the urine; only excretion of hippuric acid (AH) increased in the group supplemented with AF (282.97 µg mL⁻¹) compared to the control group (133 µg mL⁻¹). The results suggest that FA could be excreted as HA.

Keywords: ferulic acid, early weaning, bovine production.

¹ Maestría, Coordinación de Nutrición, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora, México, greneriaj@gmail.com.

² Doctorado, Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Animal, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora, México, hugory@ciad.mx, <https://orcid.org/0000-0002-7463-778X>.

³ Doctorado, Coordinación de Ciencias de los Alimentos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora, México, lvazquez@ciad.mx, <https://orcid.org/0000-0002-8953-3756>.

⁴ Maestría, Coordinación de Ciencias de los Alimentos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora, México, cuquis@ciad.mx, <https://orcid.org/0000-0001-7598-9763>.

⁵ Doctorado, Coordinación de Nutrición, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora, México, pinelli@ciad.mx, <https://orcid.org/0000-0003-1487-5767>.



INTRODUCCIÓN

El destete precoz es una estrategia que favorece mantener la condición corporal de las vacas. Sin embargo, tiene la desventaja que los becerros destetados precozmente (30-90 días de edad) no cubren sus requerimientos diarios con el pastoreo, por lo que se recurre a proveerlos con suplementos complementarios que cubran sus requerimientos nutricionales mínimos [1], [2].

Por otro lado, en la producción animal se utilizan algunos promotores del crecimiento para aumentar la ganancia de peso, mejorar la conversión de alimento y la calidad de la carne en diferentes etapas del crecimiento del bovino, pero principalmente en la etapa de finalización en corral [3]. Tal es el caso del uso de compuestos β -agonistas en la etapa de finalización para mejorar los parámetros productivos y de calidad de la carne. Sin embargo, actualmente, en mercados internacionales se han implementado normativas legales sobre el uso de β -agonistas en bovinos por lo que se ha hecho necesario el investigar alternativas que puedan sustituirlos [4].

Dentro de estas alternativas se está investigando al ácido ferúlico (AF), un compuesto fenólico que se encuentra principalmente unido a polisacáridos de los tejidos vegetales, y se ha demostrado que tiene un efecto promotor de crecimiento en etapas de finalización en cerdos, borregos y ganado bovino [5-8]. Sin embargo, este efecto no ha sido evaluado en etapas tempranas del crecimiento de bovinos, por ejemplo, en becerros de destete precoz.

Además, estudios encontrados con respecto a la digestión y metabolismo del AF son escasos, en su mayoría realizados en ratas y pocos en rumiantes, donde básicamente se relacionan con la cinética de excreción del compuesto. El mecanismo por el cual el AF es metabolizado aún no se ha determinado en monogástricos [9-12]. Sin embargo, en rumiantes se han propuesto diversas rutas



de conjugación en el hígado que incluyen la formación de glucoronidos, sulfatación y asociación a ácidos benzoicos [13].

Por lo tanto, debido a la carencia de información del efecto de AF en becerros de destete precoz, el presente estudio piloto evaluó el efecto de la suplementación del AF en el desempeño productivo y en los metabolitos en orina de los becerros en esta etapa de desarrollo bajo condiciones comerciales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

El trabajo experimental se llevó a cabo en las instalaciones y corrales del Rancho "La Porcheña", localizado a una altitud de 449 m sobre el nivel del mar, latitud 28° 58' 31.44" N y longitud 109° 23' 55.17" W [14]. Los análisis de las muestras se llevaron a cabo en los laboratorios de Análisis Instrumental, Análisis de Alimentos, y en el laboratorio de la Plataforma de Analítica Instrumental del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C.).

Se utilizaron 29 becerros machos, destetados de manera precoz (90 ± 10 días de edad) para ser preparados para su venta. Los animales fueron de cruza comerciales con influencia racial $\frac{3}{4}$ de *Bos taurus* (beefmaster y simmbra), los cuales se distribuyeron al azar en 4 corrales, tres de ellos con 7 animales y uno con 8. Todos los procedimientos relacionados con el manejo de animales se realizaron dentro de las pautas oficiales mexicanas para el cuidado de animales que corresponden a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995 para el trato humanitario en la movilización de animales [15], que involucran el manejo de animales y el cuidado de éstos. Los tratamientos consistieron en un grupo control y un grupo suplementado con AF (Wakax Laboratorios MINKAB, S.A de CV, Guadalajara





Jal, México), y fueron asignados completamente al azar a dos corrales por tratamiento. Los corrales tuvieron una dimensión 25 x 15 m, para alojar 7-8 animales, con área de sombreado en cada corral, con comederos y bebederos amplios. El agua fue proporcionada *ad libitum*

Dieta

Los animales del grupo control, fueron alimentados con la dieta basal formulada con base a lo recomendado por NRC [16] y a los animales del grupo suplementado, se les alimentó con la dieta basal + 1mg AF kg⁻¹ de peso vivo. El AF se agregó diariamente espolvoreando a la dieta en el momento de ofrecer la porción de alimento por la mañana, con el fin de asegurar que todos los animales lo consumieran. El alimento fue proporcionado con 20 % adicional al consumo estimado para al peso del animal y así asegurar rechazo de alimento.

Los animales fueron alimentados con una dieta de adaptación al sistema intensivo por 8 días, la cual tenía una relación forraje:concentrado de 70:30 y fue ofrecida *ad libitum*. El forraje fue una combinación de alfalfa y tazol de sorgo.

La Tabla 1 muestra la formulación de la dieta utilizada en el periodo experimental, con una relación forraje:concentrado 40:60 respectivamente y se formuló para proveer 0.97 Mcal de energía neta de ganancia/ de alimento y 18.6 % de proteína cruda. En la misma tabla se muestra el análisis de la composición proximal de la dieta, utilizando para ello los métodos oficiales especificados en

AOAC [17]. El análisis de la dieta cumple con los valores de proteína y energía esperados de la formulación y con los requerimientos de NRC [16]. Durante la etapa de experimentación la dieta fue proporcionada *ad libitum* durante 30 días.

Tabla 1. Ingredientes (kg ton⁻¹) y composición química (%) de la dieta formulada, para becerros destetados precozmente.

Ingredientes	(kg ton ⁻¹)
Alfalfa deshidratada	300
Paja de sorgo deshidratada	100
Harinolina	150
Maíz quebrado	320
Melaza	40
Pasta de Soya	80
Sal	5
Premix*premezcla minerales	5
Composición calculada (%)	
Materia seca	88.06
Proteína cruda	18.62
Energía Metabolizable Neta de Ganancia (Mcal/kg)	0.97
Composición analizada (%)	
Materia seca	86.06
Proteína cruda	18.60
Grasas totales	3.95
Cenizas	8.70
Energía Metabolizable Neta de Ganancia (Mcal/kg)	0.89

* **Premezcla Minerales:** VIMIFOS® (Mezcla balanceada de minerales: Calcio, Fósforo, Potasio, Sodio, Cloro, Azufre, Hierro, Zinc, Yodo, Magnesio, Cobre)





Comportamiento productivo

Los becerros fueron pesados individualmente al inicio y final del periodo experimental en una báscula Revuelta® (Torreón, Coahuila, México). La ganancia diaria de peso se obtuvo mediante la diferencia entre el peso final y el inicial, divididos entre los días de experimentación (30 días). El consumo de alimento diario en los becerros se determinó por diferencia entre el peso del alimento ofrecido y el rechazado. La conversión de alimento se calculó dividiendo el consumo de alimento promedio diario entre la ganancia de peso promedio diaria para cada uno de los corrales.

Recolección de muestras orina

Las muestras de orina fueron recolectadas en cinco animales en estado basal (inicio del experimento) de los 4 corrales y a los 30 días de experimentación, a la misma hora, se recolectaron orina de dos animales para el grupo control uno por corral, y de 4 animales para el grupo suplementado dos por corral, debido a que el sistema de producción no fue modificado, esto condicionó el número de muestra. La toma de muestra final se realizó entre las 8 y 9 h después de la suplementación con AF. La obtención de la muestra de orina se hizo estimulando los músculos que circundan el área genital utilizando un recipiente de plástico, posteriormente la orina fue filtrada usando discos Durapore® con tamaño de membrana de 0.22 μm y transferida a tubos criogénicos. Las muestras de orina



fueron transportadas en recipientes con hielo a las instalaciones de CIAD y se congelaron a -70°C para su posterior análisis.

Determinaciones de metabolitos en orina

En el análisis por HPLC-DAD se utilizó un sistema cromatográfico de alta resolución Agilent de la Serie 1100 conformado por un degasificador, bomba cuaternaria, auto muestreador y un detector de arreglo de diodos. La columna utilizada fue Supelco Nucleosil C18 (4.6 x 150 mm x 5 μm) [18]. Para la identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos se utilizaron estándares de AF, ácido trans-isoferúlico y ácido hipúrico (AH) de la marca comercial Sigma-Aldrich® (USA).

La cuantificación de los compuestos identificados se llevó a cabo utilizando curvas estándar de: 20.36 a 2036 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para ácido hipúrico; de 2 a 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para ácido ferúlico y de 1.96 a 98 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para ácido trans-isoferúlico. La identificación de los compuestos en la orina fue confirmada por análisis de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en un cromatógrafo de líquidos de ultra alta presión asociado a un cuadrupolo tiempo de vuelo (UHPL-QTOF) Agilent 6530, con una columna Supelco Nucleosil C18 4.6 x 150 mm x 5 μm . Se utilizaron los mismos estándares mencionados anteriormente. Los compuestos fueron confirmados por el tiempo de retención y masa exacta.

Análisis estadísticos

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) para un diseño completamente al azar, donde el factor principal fue el efecto de los tratamientos experimentales. Para comportamiento productivo la unidad experimental fue el corral. Las significancias fueron consideradas a una ($p < 0.05$) en el error tipo I. Todos los datos fueron procesados en el paquete estadístico NCSS versión 2007 [19]. Los datos de metabolitos en la orina se reportaron las medias de los grupos y en forma observacional, ya que no se modificó el sistema de producción y esto condicionó el número de muestra y limitándolo para realizar un análisis estadístico más amplio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

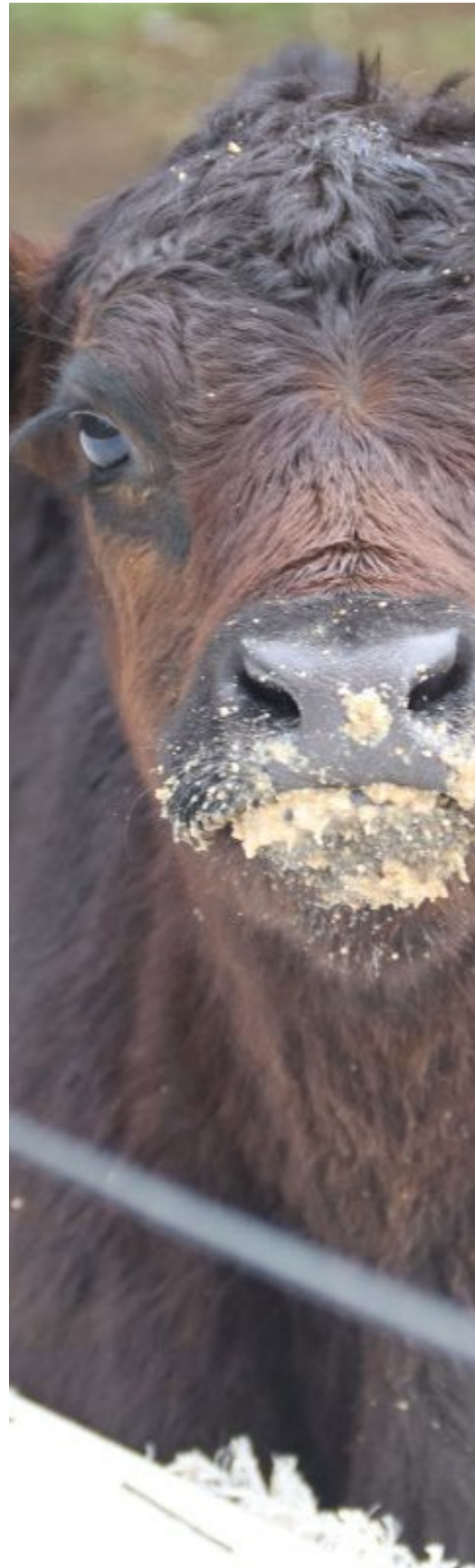
En la Tabla 2 se muestra los resultados del comportamiento productivo que se obtuvieron de los becerros destetados precozmente en los 30 días de alimentación intensiva.

Tabla 2. Comportamiento productivo de becerros destetados precozmente suplementados con AF.

Variable	TRATAMIENTOS		
	Control	AF	Significancia
Peso inicial (kg)	128.53 ± 6.19	131.14 ± 6.41	NS
Peso final (kg)	166.63 ± 7.96	173.03 ± 8.23	NS
Ganancia diaria de peso (kg)	1.29 ± 0.07	1.41 ± 0.07	NS
Consumo diario de alimento (kg)	5.77 ± 0.11	5.94 ± 0.11	NS
Conversión de alimento	4.54 ± 0.13	4.27 ± 0.13	NS

Los datos representan la media ± el error estándar en kg. Animales: control n=15/ n=14 ácido ferúlico (AF); NS: no significativo ($P \geq 0.05$).

El peso inicial de los becerros destetados estuvo dentro del intervalo rango de 93.5 y 189 kg donde la media de los tratamientos fue de 128.5 ± 6.19 kg para el control y de 131.15 ± 6.41 kg para el grupo suplementado. No se presentaron diferencias ($p \geq 0.05$) entre el peso inicial de los tratamientos, lo que indica que los animales fueron correctamente aleatorizados desde el inicio de la prueba. El peso final se mantuvo con una media de 166.6 ± 7.96 kg en el tratamiento control y 173 ± 8.23 kg en el tratamiento con AF. Los becerros suplementados con AF incrementaron su peso final en un 10 % respecto al grupo control, aunque este efecto no fue significativo ($p \geq 0.05$). Tampoco se encontró efecto significativo ($p \geq 0.05$) en la ganancia diaria de peso, en el consumo





de alimento y en la conversión alimenticia del grupo de animales suplementado con AF respecto al grupo control. En relación a la conversión alimenticia, considerada un parámetro importante del comportamiento productivo porque relaciona la ganancia de peso con el consumo, los becerros suplementados mostraron conversión 9.4 % menor que el tratamiento control. Esto se traduce en que los becerros suplementados requirieron 9.4 % menos alimento para ganar 1 kg de peso, lo cual es una mejora desde el punto de vista productivo por el impacto que representa en la disminución de los costos y del tiempo de alimentación de los animales, aumentando el margen de ganancia.

Con respecto a la respuesta del AF sobre el desempeño productivo en rumiantes existen pocos reportes. Soberón *et al.* (2012) [11] llevaron un periodo de suplementación de solo 5 días, periodo muy corto para presentar efectos en parámetros productivos como la ganancia de peso y la conversión alimentaria y en etapa de finalización. Otros autores realizaron sus estudios en etapa finalización, sin embargo, en diferente especie y un periodo de suplementación similar (30-34 días) [6],[7]. Macías-Cruz *et al.* (2014) [7] suplementaron corderos con 10 ppm de AF por 34 días, sin embargo, el AF no mostró tener efectos en ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y consumo de alimento. En cuanto al estudio de Peña-Torres (2014) [6] solo encontró efecto ($p < 0.05$) en ganancia diaria de peso en vaquillas suplementadas con 10 ppm de AF pero no mostró efecto ($p \geq 0.05$) sobre el consumo y conversión alimenticia. De tal manera que los parámetros productivos reportados no presentaron diferencias consistentes al término de la alimentación, coincidiendo sus resultados con los del presente estudio. Es importante considerar que, en etapas tempranas del crecimiento, los becerros tienden a desarrollar la forma y la estructura ósea, dando como resultado un crecimiento muy acelerado, mientras que en la etapa de finalización los animales incrementan principalmente el desarrollo de músculo y deposición de grasa [20]. Debido a los pocos reportes y diferencias en

condiciones experimentales en las que se han realizado, es que se requiere de mayor investigación de los posibles impactos del AF en las diferentes etapas de producción y especies utilizadas.

La presencia de los metabolitos del AF en orina evaluados fueron el ácido ferúlico, trans-isoferúlico y el ácido hipúrico. No se encontró la presencia de ácido ferúlico ni de su conjugado trans-isoferúlico en las muestras analizadas a pesar de la sensibilidad del método y del periodo de suplementación (30 días). Estos resultados contrastan con otro estudio, donde se encontró AF en su forma libre en la orina de borregos 5 h después de la administración de 3, 6, y 9 g de AF día⁻¹. De ahí que, las diferencias entre los resultados pueden deberse a la dosis administrada (10 mg kg⁻¹ de peso vivo vs 3, 6, 9 día⁻¹), así como al tiempo transcurrido entre la administración y la toma de muestra (8-9 h vs 5 h) donde ambos factores tienen un efecto sobre la excreción y la velocidad de desaparición del AF en orina [11].

En estudios llevados a cabo en ratas, el AF administrado de manera oral no es detectable después de los 30 min de su administración, demostrando que el ácido ferúlico tiene una tasa de desaparición muy rápida y un periodo de vida media muy corto en un organismo monogástrico [21]. Por otra parte, la cinética del AF en el organismo de rumiantes fue analizada en vacas lecheras, donde observaron que el AF incrementa la excreción en orina 45 min después de la dosificación y que a partir de las 2.5 h los niveles disminuyeron hasta llegar a los normales en un plazo máximo de 13 h. Esto bajo condiciones experimentales, de dosis altas de AF y un periodo corto [12]. Los resultados mencionados contrastan con los obtenidos en el presente estudio, donde 9 h después de la dosis los compuestos (AF y ácido trans-isoferúlico) no estaban presentes en la orina de los becerros suplementados por treinta días con 10 ppm AF y bajo condiciones comerciales.





En cuanto al ácido hipúrico (AH), las medias de los niveles detectados y cuantificados al inicio (día cero) y final (día treinta) en las muestras de orina de los becerros destetados precozmente del grupo control se muestran en la Figura 1. La media de las concentraciones en los animales al inicio de la alimentación presentó valores superiores a $400 \mu\text{g mL}^{-1}$ cuando los animales eran alimentados con la dieta de adaptación (70 % forraje). En la misma figura se presenta la media de las concentraciones de AH después de 30 días con la dieta experimental (40% forraje) donde estos valores disminuyeron a $133 \mu\text{g mL}^{-1}$ se observa que los animales que estaban siendo alimentados con mayor proporción de forraje excretaban más AH en la orina que los animales con una dieta con baja proporción de forraje, sugiriendo que existe una relación entre la cantidad de forraje y la excreción de AH en la orina.

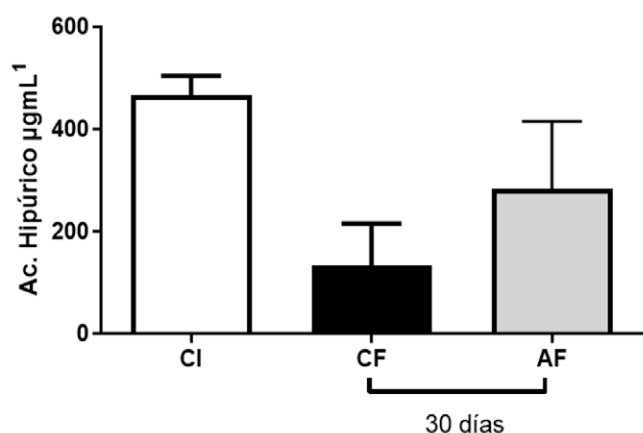


Figura 1. Concentraciones de ácido hipúrico en la orina de becerros destetados precozmente del grupo control inicial (día 0) N= 5, control final (día 30) N= 2 y grupo suplementado con ácido ferúlico (1 mg kg^{-1} peso vivo/día) (N= 4).



Estos cambios en la concentración de ácido hipúrico en la orina de rumiantes pudieran estar asociados con la madurez y proporción de los forrajes de la dieta, ya que los pastos presentan una menor cantidad de compuestos fenólicos a medida que maduran, mientras que aumenta las concentraciones de lignina provocando que disminuya la solubilidad, degradabilidad y disponibilidad de los compuestos fenólicos y sugiere así que disminuye la formación y excreción de AH [22], [23]. Estos reportes coinciden con lo sucedido en los becerros utilizados en este estudio, que se les formuló una dieta la cual contenía 40 % de forraje deshidratado, dando como resultado que la producción de AH disminuyó debido a la proporción de forraje en la dieta y la poca disponibilidad de los compuestos fenólicos.

Por otro lado, es importante hacer notar que los animales cuando fueron suplementados con AF durante el periodo de alimentación intensiva (40:60 forraje: concentrado) revirtieron la respuesta y se encontró mayor excreción de AH en la orina en comparación a los becerros



del grupo control (Figura 1). También se observa que los animales suplementados con AF presentan niveles de excreción de ácido hipúrico en orina superiores ($282.97 \mu\text{g mL}^{-1}$) con respecto a los animales del grupo control ($133.0 \mu\text{g mL}^{-1}$), lo cual siendo el AF un compuesto fenólico con un anillo aromático y a su vez siendo un precursor del ácido 3-fenilpropiónico, podría incrementar la excreción del ácido hipúrico en la orina de los rumiantes. Estas observaciones indican que el ácido ferúlico suplementado en la dieta aumenta la producción de AH y este metabolito sea una de las rutas en las que AF es metabolizado y excretado en los rumiantes como se ha reportado en otros trabajos [13], [22].

Como se mencionó anteriormente, la excreción de ácido hipúrico está directamente relacionada con la concentración de ácidos fenólicos en la dieta. Sin embargo, la disponibilidad de estos compuestos fenólicos y la capacidad de los microorganismos del rumen para degradarlos tiene un papel importante en el metabolismo y excreción en forma de AH [24]. Por lo que, en el presente estudio, los animales a los que se les suplementó el AF libre en la dieta con proporciones bajas de forraje mostraron mayor excreción de AH, lo que apunta a la relación entre la cantidad y disponibilidad de los compuestos fenólicos en la dieta y la excreción de AH.

Por otro lado, que aumente la excreción de AH puede contribuir a la reducción, como inhibidor natural, de las emisiones de N_2O (óxido nitroso) con la manipulación de la dieta de los animales lo cual se puede traducir en beneficios en la reducción de la contaminación ambiental derivada de la producción de ganado [25-27].

CONCLUSIONES

Nuestros resultados preliminares, en este estudio piloto mostraron que no hubo efecto en el comportamiento productivo. Por otro lado, a pesar de incluir un número bajo de animales se pudo observar que las concentraciones mayores de AH en la orina de los becerros del grupo suplementado con AF, confirma que el AF es metabolizado y excretado por medio de este compuesto. No se detectó la presencia de ácido ferúlico en su forma libre y trans-isoferúlico en la orina de becerros suplementados con AF. Por lo que, es necesario con base en estos datos preliminares continuar con la investigación de los posibles impactos del AF en las diferentes etapas de desarrollo y la cinética de los metabolitos evaluados sobre todo su relación con AH, metabolito relacionado con la reducción de emisiones NO_2 .

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al propietario del Rancho la Porcheña donde se realizó el trabajo experimental. Se agradece también CONACYT por la beca de posgrado otorgada a Jaime Galindo Rentería y a la Red CYTED 517RT0530 "Red Iberoamericana para la Mejora Productiva de Sistemas Silvopastorales" por el financiamiento parcial a este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

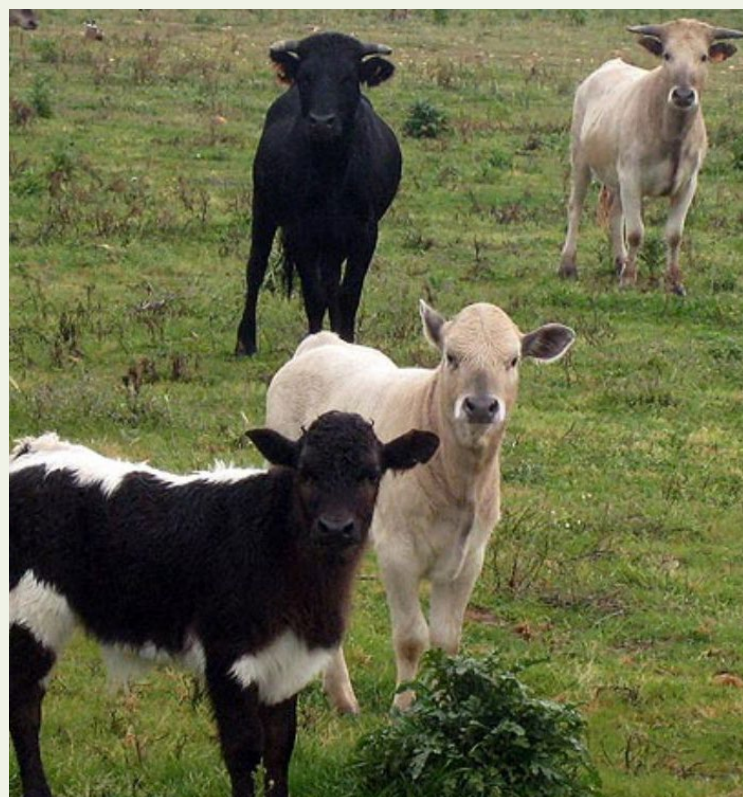
- [1] R. Macedo y A. Alvarado, "Efecto de la época de monta sobre la productividad de ovejas pelibuey bajo dos sistemas de alimentación en Colima, México," *Arch. Zootec.* vol. 54, no. 205, pp. 51-62, 2005.
- [2] I. M. Brautigán, *Nutrición animal*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia, 2007.
- [3] G. Bavera, O. Bocco, H. Beguet, and A. Petryna (2002). Promotores del crecimiento y modificadores del

metabolismo, Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. Disponible: www.produccion-animal.com.ar.

- [4] Parlamento Europeo y el consejo de la Unión Europea (2003, sep 22). Directiva 2003/74/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003, que modifica la Directiva 96/22/CE del Consejo por la que se prohíbe utilizar determinadas sustancias de efecto hormonal y tireostático y sustancias β -agonistas en la cría de ganado. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2003/262/L00017-00021.pdf>.
- [5] E. Graf, "Antioxidant potential of ferulic acid," *Free Radic Biology Med*, vol. 13, no. 4, pp. 435-448, 1992.
- [6] E. F. P. Torres, "Efecto de la suplementación de ácido ferúlico y ferulato de etilo en el comportamiento productivo y calidad de la carne de bovinos," M.C. tesis, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, México, 2014.
- [7] U. Macías-Cruz, S. Perard, R. Vicente, F. Álvarez, N. Torrentera-Olivera, H. González-Ríos, *et al.*, "Effects of free ferulic acid on productive performance, blood metabolites, and carcass characteristics of feedlot finishing ewe lambs," *J Animal Sci*, vol. 92, no. 12, pp. 5762-5768, 2014.
- [8] J. A. G. Noriega, "Efecto de la suplementación dietaria de ácido ferúlico en el comportamiento productivo, calidad de la canal y carne de cerdo," M.C. tesis, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, México, 2016.
- [9] Z. Zhao, Y. Egashira, and H. Sanada, "Ferulic acid is quickly absorbed from rat stomach as the free form and then conjugated mainly in liver," *J Nutrit*, vol. 134, no. 11, pp. 3083-3088, 2004.
- [10] Z. Zhao, Y. Egashira, and H. Sanada, "Digestion and absorption of ferulic acid sugar esters in rat gastrointestinal tract," *J Agric Food Chem*, vol. 51, no. 18, pp. 5534-5539, 2003.
- [11] M. Soberon, D. Cherney, and J. Cherney, "Free ferulic acid uptake in ram lambs," *J Anim Sci*, vol. 90, no. 6, pp. 1885-1891, 2012.
- [12] M. Soberon, J. Cherney, R. Liu, D. Ross, and D. Cherney, "Free ferulic acid uptake in lactating cows," *J Dairy Sci*, vol. 95, no. 11, pp. 6563-6570, 2012.
- [13] A. Chesson, G. J. Provan, W. R. Russell, L. Scobbie, A. J. Richardson, and C. Stewart, "Hydroxycinnamic acids in the digestive tract of livestock and humans," *J Sci Food Agric*, vol. 79, no. 3, pp. 373-378, 1999.
- [14] INEGI (2014). Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Censo Agropecuario en Sonora del Ganado Bovino. México. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>.
- [15] SAGARPA (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-EM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales. México. Disponible: http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/pestudios/apuntesbioet/051zoo_movilizacion.pdf.
- [16] National Research Council. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 8th Ed. Washington, DC: National academy Press, 2016.
- [17] Association of Official Analytical Chemists. *Official methods analysis*. 18th Ed. Washington, 2005, pp. 24-44.
- [18] A. Fardet, R. Llorach, A. Orsoni, J.-F. Martin, E. Pujos-Guillot, C. Lapiere, *et al.*, "Metabolomics provide new insight on the metabolism of dietary phytochemicals in rats," *The Journal of nutrition*, vol. 138, pp. 1282-1287, 2008.
- [19] J. Hintze (2007). NCSS and PASS number cruncher statistical systems. Disponible: <http://www.ncss.com>.
- [20] G. Bavera, O. Bocco, H. Beguet, and A. Petryna (2005). Crecimiento, desarrollo y precocidad, Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. Disponible: www.produccion-animal.com.ar.
- [21] Z. Zhao, Y. Egashira, and H. Sanada, "Ferulic acid sugar esters are recovered in rat plasma and urine mainly as the sulfoglucuronide of ferulic acid," *J Nutrit*, vol. 133, no. 5, pp. 1355-1361, 2003.
- [22] J. A. Martin, "The origin of urinary aromatic compounds excreted by ruminants 2. The metabolism of phenolic cinnamic acids to benzoic acid," *Br J Nutr*, vol. 47, no. 1, pp. 155-164, 1982.
- [23] S. Kehraus, K. Sudekum, and E. Pfeffer, "Factors affecting the excretion of nitrogen containing compounds in the urine of ruminants," *Übers Tierernährg*, vol. 34, no. 2, pp. 125-164, 2006.
- [24] J. Dijkstra, O. Oenema, J. Van Groenigen, J. Spek, A. Van Vuuren, and A. Bannink, "Diet effects on urine composition of cattle and N₂O emissions," *Animal*, vol. 7, no. s2, pp. 292-302, 2013.
- [25] J.-J. Her and J.-S. Huang, "Influences of carbon source and C/N ratio on nitrate/nitrite denitrification and carbon breakthrough," *Bioresour Technol*, vol. 54, no. 1, pp. 45-51, 1995.
- [26] J. W. van Groenigen, V. Palermo, D. M. Kool, and P. J. Kuikman, "Inhibition of denitrification and N₂O emission by urine-derived benzoic and hippuric acid," *Soil Biol Biochem*, vol. 38, no. 8, pp. 2499-2502, 2006.
- [27] D. M. Kool, E. Hoffland, E. W. Hummelink, and J. W. Van Groenigen, "Increased hippuric acid content of urine can reduce soil N₂O fluxes," *Soil Biol Biochem*, vol. 38, no. 5, pp. 1021-1027, 2006.

Cómo citar este artículo:

Pinelli Saavedra, A., Galindo-Rentería, J., González-Ríos, H., Vázquez-Moreno, L., & Robles-Burgueño, M. D. R. *Acido ferúlico en el comportamiento productivo y metabolitos urinarios en becerros destetados: Acido Ferúlico en becerros destetados precozmente -Estudio Piloto*. EPISTEMUS, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.173>



UN MODELO PARA GESTIONAR EL CONOCIMIENTO CONSIDERANDO LA CULTURA ORGANIZACIONAL EN LAS PYME'S

A model to manage knowledge considering the organizational culture in small companies

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Mario Barceló Valenzuela ¹

Alonso Perez-Soltero ²

Jose Luis Ochoa-Hernández ³

Estephany Figueroa Symonds⁴

Recibido: 13 / 07 / 2021

Aceptado: 11 / 11 / 2021

Publicado: 22 / 11 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.139>

Autor de Correspondencia:

Mario Barceló Valenzuela

Correo: mario.barcelo@unison.mx

Resumen

El objetivo es proponer un modelo para aprovechar la cultura organizacional y el conocimiento en empresas medianas y pequeñas (Pyme's), que fomenten su creación y uso en beneficio de la organización y hacer más eficientes los procesos productivos y de operación, así como optimizar recursos tales como: económicos, de tiempo, humanos y de conocimiento. Se analizaron diferentes trabajos encontrados en la literatura, obteniendo ideas clave para ser incluidas en la metodología desarrollada. Esta ha sido implementada en una Pyme Industrial donde se usará de apoyo una herramienta tecnológica, la cual contendrá la estructura para gestionar el conocimiento organizacional para que sea mejor aprovechado y gestionado por la empresa.

Palabras clave: Gestión del conocimiento, cultura organizacional, tecnologías de la información.

Abstract

The objective is to propose a model to take advantage of the organizational culture and knowledge in medium and small companies, which promote their creation and use for the benefit of the organization and make production and operation processes more efficient, as well as optimize resources such as: economic, of time, humans and knowledge. Different literatures were analyzed, obtaining key ideas to be included in the developed methodology. This has been implemented in an Industrial SME where a technological tool will be used as support, which will contain the structure to manage organizational knowledge so that it is better used and managed by the company.

Keywords: Knowledge management, organizational culture, information technologies.

¹ Doctor en Informática, Depto. Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, mario.barcelo@unison.mx, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3560-087X>

² Doctor en Informática, Depto. Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, alonso.perez@unison.mx, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3175-6703>

³ Doctor en Informática, Depto. Ingeniería industrial, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, jose Luis.ochoa@unison.mx, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5009-8913>

⁴ Ing. Estephany Figueroa Symonds, Depto. Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, a211206849@unison.mx



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, algunas compañías emergen sin tener presente la importancia que implica la cultura organizacional dentro de sus empresas, afectando su desempeño; crecen y se desarrollan con el tiempo sin una estructura bien definida que favorezca a su operación y con ello se pierde solidez, por ello, se ha realizado esta investigación empírica en una Pyme (pequeña empresa) industrial, buscando analizar su situación respecto a los temas de cultura y conocimiento organizacional, y así, mediante este estudio, poder conocer si existen mejoras en la operación de la empresa después de implementar el uso de TIC'S y herramientas de gestión de conocimiento. La investigación se realizó en el departamento de producción de la empresa, así como las áreas interrelacionadas para su buen funcionamiento como ventas, logística y compras. Se encontraron algunos factores limitantes como: resistencia al cambio y la mayor limitante, falta de seguimiento de las actividades y proyectos elaborados por parte de los altos mandos. Es importante lograr conciencia en las Pyme's de crear y practicar una cultura organizacional desde el inicio del emprendimiento, creando cultura de creación y gestión del conocimiento que faciliten la operación de la empresa y optimizar recursos que propiciará como resultado un crecimiento sostenible.

Marco de referencia

El conocimiento es referenciado como un proceso humano dinámico de justificación de la creencia personal en busca de la verdad [1]. En el concepto de conocimiento hay que tomar en cuenta a los datos como hechos, y la información como datos interpretados, así el conocimiento se puede entender como el producto organizado de flujos de información [2]. El conocimiento es definido en 2 conceptos: "explícito" o codificado que se refiere al conocimiento que se puede transmitir en un lenguaje formal y sistemático. Por otro lado, el conocimiento "tácito" tiene una calidad personal, lo que dificulta la formalización y la comunicación [1].



Por otra parte, se sabe que en toda empresa se cuenta con un conocimiento estratégico, entendiendo por éste, como el formado por una combinación de dimensiones que total o parcialmente cumplen las condiciones de movilidad imperfecta, dificultad de imitación, dificultad de sustitución y durabilidad [3].

Un concepto importante a considerar es la economía del conocimiento que es aquella que hace uso del conocimiento como motor principal de la prosperidad económica. Esto es, una economía en la que el conocimiento creado, adquirido, utilizado y difundido de forma eficaz, mejora el desarrollo económico [4].

La gestión del conocimiento (GC) es la disciplina que identifica y establece las instrucciones para la aplicación de un conjunto dinámico y continuo de los procesos y prácticas relacionadas con el conocimiento que están incrustados en los individuos, como en los grupos y las estructuras físicas. La figura 1 muestra el modelo del proceso de GC [5].



Gestión del conocimiento

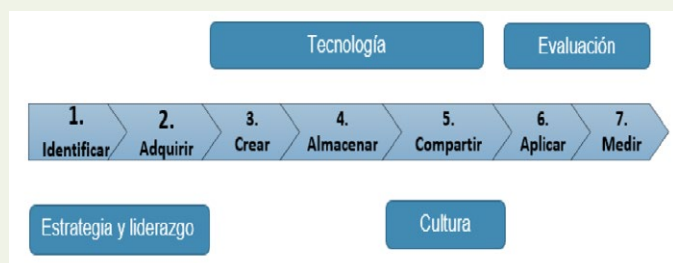


Figura 1. Modelo del proceso de GC.

Las etapas del aprendizaje humano fortalecen las relaciones y refuerzan la idea de que la gestión del conocimiento es principalmente una interrelación de personas, procesos y orientación a resultados [6]. La GC se ha ido adoptando en los negocios, principalmente por la denominada era tecnológica, donde existe una sobrecarga de información. La GC ayuda a las empresas y organizaciones a valorar esta información. Además, conserva el conocimiento creado por los empleados en las organizaciones u otros entornos de negocio [7].

Por otra parte, las organizaciones intentan alcanzar un crecimiento rápido, una mejora continua, ser rentables, prepararse para el futuro y lograr la mejor situación en sus actividades en el espectro global. Además, hoy en día, las organizaciones trabajan en un entorno que cambia constantemente y es muy difícil predecir estos cambios. Estos problemas han causado que las organizaciones gasten mucho tiempo y dinero en los cambios para lograr un alto rendimiento [8]. Para lograr una buena implementación y desarrollo de la GC, se requieren de tres elementos: liderazgo, cultura organizacional y tecnología (figura 2):

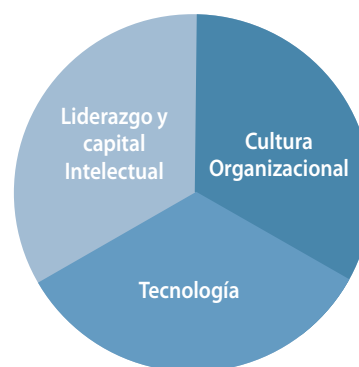


Figura 2. Elementos de la Gestión del Conocimiento (Agudelo y Valencia, 2018).

El liderazgo puede funcionar como un servicio a través de la formulación e implementación de política. Puede desempeñarse como un rol de control a través de salvaguardar los intereses en la selección de personal, por seguimiento y revisión de la estrategia [9].

Diversos estudios señalan que la cultura organizacional y sus valores favorecen a la innovación, al interactuar con la gestión para diseñar nuevos y mejores procesos que faciliten la adaptación a los cambios constantes en el mercado mediante el compromiso, la capacitación y la motivación del recurso humano [10]. La cultura organizacional resulta de los procesos de interacción social que tienen los miembros de la organización; son adquiridos, aprendidos, transmitidos y se consolidan en el tiempo. Es una construcción social de la realidad, determinada por las creencias y valores compartidos que orientan y controlan el comportamiento de las personas y de la organización, de acuerdo con la misión definida, la





filosofía y la orientación que propician los líderes para la acción [11]. Las funciones de la GC desarrollan capacidades de innovación y resultados funcionales. La aplicación de prácticas de la GC como la creación y el intercambio de conocimiento lleva a las organizaciones al crecimiento, la innovación, la creación de nuevos modelos de negocio y la creación de una posición adecuada en su propia industria [12]. Diversos estudios señalan que la cultura organizacional y sus valores favorecen la innovación al interactuar con la gestión para diseñar nuevos y mejores procesos que faciliten la adaptación a los cambios constantes en el mercado mediante el compromiso, la capacitación y la motivación del recurso humano [13]. Por otra parte, la GC se apoya en el uso de las tecnologías de información y la comunicación (TIC) a través de herramientas como equipos y programas computacionales promueven el aprendizaje de los empleados y fortalecen el proceso de enseñanza aprendizaje, pues estas prácticas contribuyen al entrenamiento del personal de la empresa. Las TICs son cruciales en la transferencia y uso del conocimiento, al elevar las competencias del recurso humano y facilitar el desarrollo de sus habilidades, lo que repercute en una mayor intensidad para innovar y mejorar el crecimiento de las Pyme's [14].

En un mundo de cambio constante y donde las organizaciones compiten con literalmente todos en la red global, hay muchos estudios sobre cómo diferenciarse en medio de innovaciones cada vez más constantes, técnicas y conocimientos cada vez mejores y más amplios. La necesidad de que las organizaciones se adapten crece, dada a las discontinuidades creadas por el nivel de globalización, alta volatilidad, híper competencia, cambios demográficos y explosión de conocimiento [15]. En un estudio realizado en una organización de construcción china, los resultados mostraron que la cultura organizacional basada en la gestión sistemática y la transferencia del conocimiento, contribuyeron significativamente al desempeño de los



proyectos, y ayudó a la empresa a expandir y aprovechar su conocimiento [16].

En términos de transferencia de información, la GC no puede considerarse un simple movimiento de datos, pues ésta, debe generar una dinámica integral que permita a las organizaciones reconocer la información como activos con valor intangible. La GC, en su más estricta acepción, puede considerarse un proceso de innovación [17].

En el desarrollo del modelo propuesto en este trabajo, se tomaron en cuenta modelos tales como: El modelo Hoshin Kanri, que es una estrategia que, para poder implementarlo, se debe tomar en cuenta tres factores: 1) estrategia sostenible, 2) sacar los riesgos a la superficie temprano, y 3) la cultura organizacional basada en la confianza y el conocimiento [18].

Por otra parte, el modelo OCAI (Organizational Culture Assessment Instrument) es otra estrategia que usa un instrumento para diagnosticar la cultura organizacional: "Encuesta Cultura Organizacional" [19]. Finalmente, en una investigación realizada en el noroeste de México, donde su objetivo fue realizar un diagnóstico para analizar los procesos de la GC en las Pyme's del sector restaurantero, con la finalidad de conocer cuál era la situación de dichos procesos en esas organizaciones e identificar oportunidades de mejora; así como también definir facilitadores y barreras que pudieran favorecer y/o dificultar la implementación de iniciativas sobre GC [20].

Método

En este estudio se propone un modelo que se apoye en las TIC's y de herramientas de gestión del conocimiento para proporcionar una posible solución a la problemática mencionada en la introducción, respecto a la gestión de la cultura organizacional de una Pyme industrial,



ubicada en Hermosillo Sonora y se dedica a la producción de productos prefabricados de concreto y venta de materiales para la construcción, con el fin de crear una cultura orientada a la GC dentro de la organización y obtener como resultado una mejora continua, innovación y un mayor crecimiento dentro del mercado. Por la naturaleza de la investigación y basado en la operación de la empresa, esta investigación se define con un enfoque de carácter mixto: cuantitativo/cualitativo. El modelo resulta de la necesidad de las Pyme's de sobrevivir al mundo cambiante que actualmente estamos viviendo. Las Pyme's son un sector de gran relevancia en México (según INEGI, de los 4.9 millones de establecimientos del sector privado y paraestatal en los censos económicos de 2019, el 99.8% son microempresas y Pyme's), así como en el mundo. En Latinoamérica, estas logran un promedio del 99.25% del total de las empresas generando el 35.5% del empleo, con lo que es importante mantenerlas y apoyar a su desarrollo y estabilidad y desarrollo económico [21]. En la figura 3 se representa un modelo general propuesto para gestionar la cultura organizacional y este, se pueda aplicar a empresas con problemáticas similares



el panorama completo, en general, cómo se encuentra la empresa con su recurso humano, relaciones, estrategias y cultura.

Fase 2: Identificación y colección de conocimiento

En esta fase, se busca conocer mediante dos instrumentos, con mayor detalle el conocimiento del departamento. Se obtendrá entonces un panorama completo del proceso productivo y sus áreas con las que interactúa para su buen funcionamiento, y con ello, conocer sus áreas de oportunidad y fortalezas en cuanto a la manera de gestionar su conocimiento.

Fase 3: Organizar y compartir el conocimiento

En esta fase se desea organizar el conocimiento identificado y obtenido en las fases previas y compartirlo mediante una herramienta tecnológica. Se basa en 3 pasos: 1) identificar y evaluar las herramientas tecnológicas que posee ó no la empresa, 2) seleccionar la herramienta más adecuada e 3) implementar la herramienta para compartir el conocimiento.

Fase 4: Adaptación de herramienta tecnológica

En esta fase se adecuará la herramienta tecnológica a la empresa para lograr resolver el problema bajo estudio, configurándola para crear un programa de inducción y capacitación al personal de nuevo ingreso, un sistema de evaluación del personal para poder detectar necesidades de capacitación y desarrollo, así como lograr tener equipos de trabajo productivos, eficientes y autónomos; crear un buzón de sugerencias y reconocimientos; un espacio para reconocer a los empleados y fomentar el uso y creación de conocimiento, un espacio para documentar lecciones aprendidas, historias y mejores prácticas.

Fase 5: Control y evaluación

Es la última fase y en ésta, se le dará seguimiento al uso y creación del conocimiento a través de la herramienta,



Figura 3. Fases del modelo propuesto (Elaboración propia).

A continuación, se explica cada una de las fases representadas en el modelo propuesto:

Fase 1: Diagnóstico organizacional

El objetivo es conocer la situación actual en la que opera la empresa mediante un cuestionario para reconocer las áreas de oportunidad, situaciones de problema y fortalezas que existen dentro de ella. Se desea conocer

también, se evaluarán los resultados finales para comparar el antes y el después de la implementación y poder visualizar el grado de mejora reflejado.

RESULTADOS

Al aplicar el modelo propuesto a esta Pyme industrial en el área sujeta a la investigación, se obtuvieron resultados relevantes en la primera fase, éstos provienen de la aplicación del cuestionario de evaluación organizacional, así como del cuestionario OCCAI para cultura organizacional, el cual se realizó a 16 empleados, sin embargo, el resultado formal solo se obtuvo de 9, ya que el resto tenía un estatus de eventual. En la figura 4 el gráfico está relacionado a la antigüedad promedio del trabajador en la Pyme dentro del área de producción:

Antigüedad en la empresa

9 respuestas

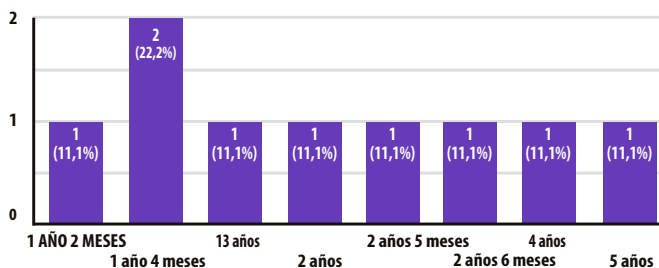


Figura 4. Gráfico antigüedad del trabajador.

Se observa que, el 66.6 % de los empleados tiene en promedio un tiempo de 1.8 meses de antigüedad oscilando de entre 1 año y 2.6 años en la empresa, donde la mayor experiencia la tienen solo 3 de los 9 empleados representando el 33.3 % y que a la vez expresa que la mayor parte del personal considerado como fijo tiene rotación. La figura 5, muestra el cómo se encuentran los canales de comunicación dentro de la organización:

Existen buenos canales de comunicación en el departamento y entre departamentos

9 respuestas

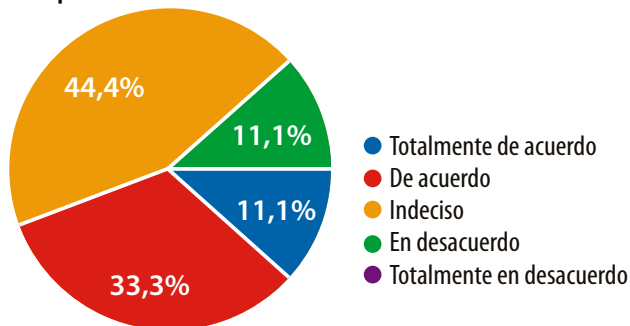


Figura 5. Gráfico de canales de comunicación.

Se observa que se requiere atención en la mejora de la comunicación entre departamentos, esto ayudará mucho

a la mejora del clima, del servicio al cliente, flujo de trabajo y disminución de desperdicio de recursos.

En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos del diagnóstico del nivel de cultura obtenido por cada tipo de cultura:



Figura 6. Gráfico orientación de cultura organizacional

Se puede concluir que, en el estilo de cultura adhocrática está por encima de las demás culturas en los rubros de liderazgo, estilo de gestión y factores de integración; en el jerárquico, el rubro de criterios de éxito; en el mercado, las características dominantes y énfasis estratégico. Esto quiere decir que existe una cercanía de inclinación de cultura en la organización entre el estilo de cultura de mercado y el estilo adhocrático, aun así, predomina el adhocrático. Mas aún, los resultados muestran que existe un sesgo pronunciado en los rubros 1, 4 y 6, donde se debe buscar un equilibrio en los tipos de cultura de mercado, jerárquico y adhocrático para poder lograr los objetivos de la organización. Lograr que en cada uno de los 6 rubros los estilos de cultura se encuentren balanceados para poder cumplir con los objetivos de la Pyme.





En la fase 2 se aplicaron dos instrumentos, uno relacionado al análisis de procesos y otro de gestión del conocimiento, con ellos se obtuvieron otros factores relevantes, como es la figura 7 que muestra la realidad ante las filosofías:

Nuestra empresa tiene una clara misión, visión y estrategia.

5 respuestas

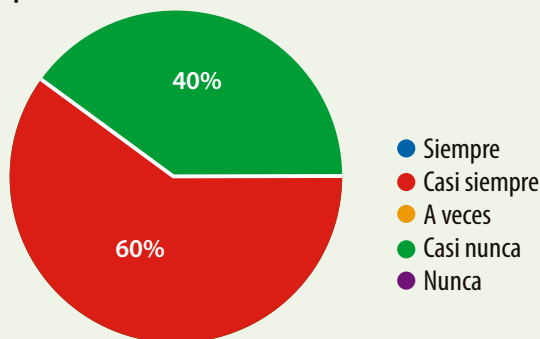


Figura 7. Gráfico de conocimiento de filosofías

Se observó que un 60%, entre el casi nunca y a veces, no tiene una idea clara de la misión, visión y estrategia de la Pyme. Sin embargo, esto se puede fortalecer tal como se observa en la figura 8, donde se obtuvo un 60% (40 + 20) lo que significa que, si existe una buena estructura y procesos productivos definidos en las áreas bajo estudio, a su vez este porcentaje representa más de la mitad, se puede considerar como suficiente para lograr las metas de la organización y se puedan crear y establecer las convicciones corporativas, socializarlas, diseñar e implementar la estructura organizacional, de manera que

le dé formalidad a la organización y se puedan evaluar los cambios positivos. .

Estamos muy bien organizados (es decir, la estructura organizacional y procesos) para lograr nuestras metas.

5 respuestas

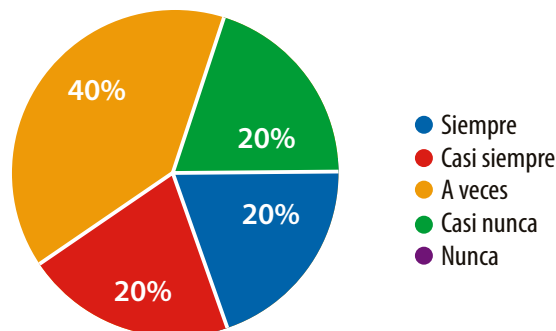


Figura 8. Gráfico de grado de estructura organizacional.

Respecto a la fase 3, se seleccionó de la herramienta WordPress, en base a los comparativos y necesidades de la empresa detectadas, la cual, por ser gratuita, es de manera general (para expertos y novatos) amigable en su uso, y cumple con los propósitos de ser un gestor de contenidos que ayude a organizar y compartir el conocimiento de la organización, acciones que ayudarán al cumplimiento de estos objetivos.

Para la fase 4 se configuró la herramienta diseñando la estructura de menú de contenido que contiene las respuestas a las necesidades de la organización descritas en esta fase del método como lo muestra la figura 9, en base al diagnóstico obtenido en las primeras tres fases del modelo.

FORTER

Inicio Quienes somos? ▼ Recursos humanos ▼ Proyectos ▼ Procesos ▼ Noticias Contacto
Mejores practicas y lecciones aprendidas



Figura 9. Desarrollo de menú en plataforma.



El menú de contenido diseñado integra todos los elementos relacionados al diagnóstico que ayuda a los empleados a conocer sus filosofías, saber quién es la empresa, su base cultural de gestionar, políticas y reglamento, proyectos en desarrollo, noticias donde se compone de nuevas experiencias, metas y logros de los departamentos, mejores prácticas y lecciones aprendidas de las diferentes áreas, así como manuales de procedimientos en el área de RRHH.

En la fase 5 se tienen resultados parciales sobre el seguimiento y evaluación, debido a la rotación de personal y a la contingencia sanitaria. Es sumamente importante concientizar a los trabajadores del beneficio

de la herramienta para fomentar su utilización y que los altos mandos participen en el seguimiento del uso de ésta y practicar la cultura establecida, para que el resto de las áreas también colabore, para esto se impartió una capacitación del uso y seguimiento de la herramienta tecnológica y con ello evaluar los resultados ya que sin esto los beneficios no serán significativos.

CONCLUSIONES

Con la implementación de las 2 primeras fases, se ha logrado diagnosticar la cultura organizacional y proponer acciones para fortalecer la Pyme. Para ello, se ha implementado la fase 3 y 4 del modelo, integrando y adaptando la herramienta tecnológica para organizar y compartir conocimiento, fortaleciendo mediante ésta, una cultura organizacional basada en la GC, asegurando que su contenido llegará de manera clara a los empleados mediante reuniones, socializando la información y capacitando con temas de refuerzo, motivación para evitar la resistencia al cambio. Es indispensable tener conciencia por parte de los altos mandos, el darle seguimiento al uso de la herramienta tecnológica en el resto de los departamentos y se puedan obtener los beneficios como organización. Al aplicar la herramienta tecnológica propuesta se obtuvieron beneficios instantáneos para todos los empleados, tal como las filosofías, reglamentos y manuales de puesto, además de tener resguardada la información y conocimiento del departamento para consulta y otorgar capacitaciones autodidactas. Finalmente, para alcanzar una retroalimentación, seguimiento de capacitaciones y comunicación efectiva colaborador – organización se requiere que haya mayor participación, ya que, sin la aplicación completa de la metodología y el ímpetu de todos los trabajadores, se alcanzarán resultados parciales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. Nonaka. "A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation". Institute of Business Research. Vol. 5, pp. 14-37, Febrero, 1994. <https://www.jstor.org/stable/2635068>
- [2] M. Segarra Cipres y J. C.Bou Lluissar. "Conceptos, tipos y dimensiones del conocimiento: configuración del conocimiento estratégico". Revista de economía y empresa. Enero, 2004.
- [3] O. Serrat. "Proposition 30 Notions of Knowledge Management". Knowledge Solutions. Springer, Singapore. XVI, 1140, 1, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_30.
- [4] J. A. Nieto Ruiz. "Modelo de Desarrollo Sostenible para la Ciudad de Manizales, Sustentado en la Economía del Conocimiento". Trabajo de grado maestría. Repositorio institucional, Colombia. 2017. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62007>.
- [5] C. E. Marulanda Echeverry, M. López Trujillo, J. Valencia Francisco. "Competencias personales y procesos de gestión del conocimiento en Pyme's de Colombia". Revista Virtual Universidad Católica del Norte. Vol.38 pp.158-170. Febrero, 2013.
- [6] D.Graziele Dickel y G. Luiz de Moura. "Organizational performance evaluation in intangible criteria: a model based on knowledge management and innovation management". RAI revista de administração e inovação. Mayo, 2016. <https://www.researchgate.net/publication/302875935>
- [7] L. Karamitri, M. A. Talias and T. Bellali. "Knowledge management practices in healthcare settings: a systematic review". Sustainability. Vol.12, pp. 2730. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12072730>.
- [8] A. Nikpour. "The impact of organizational culture on organizational performance: The mediating role of employee's organizational commitment". International Journal of Organizational Leadership. Vol. 6, pp. 65-72. Noviembre, 2016. https://ijol.cikd.ca/pdf_60432_9a9a6611a397719a068702bb17be5460.html
- [9] S. Zyngier, F.Burstein Monash y J. McKay Monash. "Improving Business Performance through Knowledge Management: Governance of Knowledge Management Strategy". Frada Burstein Monash. https://www.academia.edu/23848186/Governance_of_Knowledge_Management_Strategy_Implementation_A_New_Lens_on_an_Evolving_Practice
- [10] R.A. Quijano García, L. A. Arguelles Ma, D. E. Magaña Medina y N. Aguilar Morales. Revista Internacional Administración & Finanzas. Vol.12 (2), pp. 55-6, 2019.
- [11] C.E. Méndez Álvarez, "Elementos para la relación entre cultura organizacional y estrategia". Universidad & Empresa, Vol.21, pp.136-169, Diciembre, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.7681>
- [12] C. Valmohammadi, S. Javad y K. Bahare. "How do Knowledge Management Practices Affect Sustainable Balanced Performance? Mediating Role of Innovation Practices". CENTRUM. Vol.11(18), pp. 5129. Junio, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11185129>
- [13] R. A. Quijano García, L. A. Arguelles Ma, D. E. Magaña Medina y N. Aguilar Morales. Revista Internacional Administración & Finanzas. Vol. 12 (2), pp. 55-6, 2019.
- [14] L. E. Valdez, D. García Pérez de Lema, G. Maldonado Guzmán. "TIC y la gestión del conocimiento como elementos determinantes del crecimiento de la Pyme" Investigación y Ciencia. vol. 25, núm. 70, pp. 50-62, Abril, 2017. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67451351007>
- [15] D. Grazielle Dickel y G. Luiz de Moura. "Organizational performance evaluation in intangible criteria: a model based on knowledge management and innovation management". RAI Revista de Administração e Inovação. Julio, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rai.2016.06.005>
- [16] Y. Wei y S. Miraglia. "Organizational culture and knowledge transfer in Project-based organizations: Theoretical insights from a Chinese construction firm. International Journal of project management". International journal of project management. Vol. 35 (4) pp. 571-585. Febrero. 2017 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.02.010>.
- [17] D. Jiménez Sierra, A. Jiménez Sierra y P. Redondo Cala. "Management of organizational knowledge in higher education institutions: A case study". Dialnet Vol.15(2), pp.153-162. Diciembre, 2019.
- [18] S. Leth, J. Lerche, H.H. Neve, S. Wandahl. "Lecciones para la construcción: Realización de megaproyectos sobre el tiempo a través de la cultura y Hoshin Kanri". 27ª Conferencia Anual de la Internacional. Group for Lean Construction (IGLC), Dublín, Irlanda, págs. 1011-1022. 2019. DOI: <https://doi.org/10.24928/2019/0139>.
- [19] A. Perez-Soltero, V. Leal Soto, M. Barceló Valenzuela, J. A. León Duarte. "Un diagnóstico de la gestión del conocimiento en las Pyme's del sector restaurantero para identificar áreas de mejora en sus procesos productivos". Intangible capital. Febrero 2013. Vol. 9(1), pp. 153-183. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/ic.381>
- [19] G.S. Cristobal, A. Dialeva, N. Guyot, Re JI. "Análisis de la cultura organizacional e identificación de la necesidad de cambio cultural en empresas argentinas mediante el modelo OCAI". Trabajo Final de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Universidad Católica. Argentina, 2018.
- [21] M.L. Saavedra García. "La Pyme como generadora de empleo en México". Tipología: Artículo de Investigación Científica y Tecnológica, Clio América, Vol 8(16), pp. 153-172.

Cómo citar este artículo:

Barceló Valenzuela, M., Perez-Soltero, A., Ochoa-Hernández, J. L., & Figueroa Symonds, E. M. (2021). UN MODELO PARA GESTIONAR EL CONOCIMIENTO CONSIDERANDO LA CULTURA ORGANIZACIONAL EN LAS PYME'S. EPISTEMUS, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.139>



EMISIONES VOLCÁNICAS: ORIGEN E IMPACTO EN LA ATMÓSFERA

Volcanic emissions: origin and impact on the atmosphere

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Benedetto Schiavo ¹

Claudio Inguaggiato ²

Thania Elizabeth Arredondo-Palacios³

Diana Meza-Figueroa⁴

Recibido: 13 / 06 / 2021

Aceptado: 02 / 12 / 2021

Publicado: 07 / 12 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.160>

Autor de Correspondencia:

Benedetto Schiavo

Correo: benedetto@igeofisica.unam.mx

Resumen

El estudio de los gases volcánicos abarca diferentes procesos que van desde escalas regionales a globales, y que acontecen en una larga escala de tiempo. Las emisiones de gases volcánicos contribuyeron a la creación de la primera atmósfera primordial y actualmente contribuyen a la regulación de los procesos superficiales, como el clima, los procesos biogeoquímicos y la química de aguas superficiales. En la historia de la Tierra, grandes emisiones de gases perturbaron el equilibrio climático y fueron responsables de extinciones masivas. Erupciones catastróficas también emitieron grandes cantidades de gases reactivos, perturbando la química atmosférica generando efectos climáticos importantes e inmediatos. El monitoreo de las emisiones volcánicas constituye un campo muy activo en la investigación de los gases y su interacción con la atmósfera.

Palabras clave: emisiones, gases volcánicos, fumarolas, atmósfera,

Abstract

The study of volcanic gases includes different processes ranging from regional to global scales, and that occur over a long timescale. Volcanic gas emissions contributed to the creation of the first primordial atmosphere and currently contributes to the regulation of surface processes, such as climate, biogeochemical process and chemical properties of surface waters. In the history of the Earth, large emissions of gases perturbed the climate balance and were responsible for massive extinctions. Catastrophic eruptions also emit large amounts of reactive gases, causing disturbance in atmospheric chemistry and generating significant and immediate climatic effects. The monitoring of volcanic emissions constitutes an active field in the investigation of gases and their interaction with the atmosphere.

Keywords: emissions, volcanic gases, fumaroles, atmosphere.

¹ Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. benedetto@igeofisica.unam.mx, ORCID: 0000-0002-0882-0404.

² Departamento de Geología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE), inguaggiato@cicese.mx, ORCID: 0000-0003-1332-3602

³ Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. thanizs@ciencias.unam.mx.

⁴ Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México. diana.meza@unison.mx, ORCID: 0000-0002-8934-0321



INTRODUCCIÓN

Alrededor de 1500 volcanes han estado activos durante el último siglo [1]. La actividad volcánica no se distribuye aleatoriamente sobre la Tierra, sino que está vinculada a las zonas activas de la tectónica de placas, como se muestra en la Figura 1, donde se aprecia también que más de la mitad de los volcanes del mundo se encuentran en el hemisferio norte y en regiones tropicales.

Otra relativamente pequeña cantidad de volcanes se encuentran en zonas intraplaca, como Hawaii, Canarias y Cabo Verde. Los *volcanes* son estructuras geológicas que se forman en zonas de la superficie terrestre donde se registran anomalías de calor, es decir, presencia de magma. La forma típica de los volcanes es cónica, la cual se genera mediante la sobreposición de los productos que van erupcionando, pero que dependiendo del tipo de actividad eruptiva pueden tener forma y dimensiones diferentes. La actividad volcánica efusiva, típica de los volcanes Hawaianos, tiende a formar un volcán por sobreposición de flujos de lavas, por otra parte, las erupciones explosivas, típicas de volcanes como el Soufrière Hills (Montserrat), pueden destruir partes del volcán. La parte interior está formada por el conducto volcánico principal y la cámara magmática. Los conductos secundarios, generalmente de menor diámetro que el principal, se forman por fracturas a causa de la presión del magma a lo largo de

las paredes del volcán. En términos geológicos, cuando se habla de *magma* se hace referencia a la roca fundida que aún se encuentra bajo la superficie terrestre, por otra parte, el término *lava* se entiende como la roca fundida que llega a la superficie de la Tierra. El magma se forma en el interior de la Tierra a diferente profundidad: i) desde las profundidades del manto terrestre en áreas llamadas *puntos calientes* (hotspot en inglés), que crean islas volcánicas como las de Hawaii, ii) en zonas de divergencia continental, generalmente situadas en medio de los océanos, llamadas *dorsales medio oceánicas*, y iii) en zonas de convergencia, también llamadas zonas de subducción, donde parte de la corteza oceánica desciende hasta el manto terrestre superior y viene parcialmente fundida (ejemplo, la Cordillera de los Andes). El ascenso del magma desde las profundidades se debe principalmente a 3 factores: densidad, temperatura y presión. Este ascenso se produce porque el magma fundido tiene una densidad más baja que la roca circundante.

Cuando la presión litostática está equilibrada, el magma se acumula y forma una cámara magmática. Posteriormente, debido al enfriamiento y la cristalización, la presión del gas dentro de la cámara magmática aumenta hasta que los gases escapan [2]. En el momento que los volcanes entran en erupción, pueden arrojar gases calientes, cenizas, bombas volcánicas, clastos y lava que pueden causar pérdidas de vidas y afectaciones a la infraestructura, sobre todo en áreas pobladas. Entre los



años 1998 y 2017, a nivel mundial las actividades volcánicas y los incendios forestales afectaron alrededor de 6 millones de personas y causaron 2400 muertes [3].

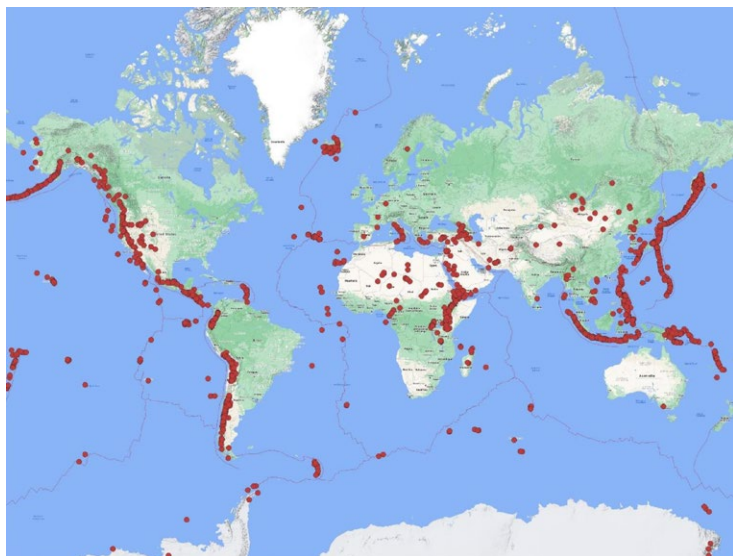


Figura 1: Volcanes activos (puntos rojos) alrededor del mundo. Las líneas rojas son los límites de las placas tectónicas y es donde se concentran las anomalías de calor y la mayoría de los volcanes.

La actividad volcánica en la superficie terrestre se manifiesta en diferentes formas, desde la actividad hidrotermal (por ejemplo, fuentes termales y fumarolas de baja/alta temperatura) hasta erupciones de gran intensidad que inyectan gases y ceniza en la atmósfera. En la historia geológica de la Tierra, los gases emitidos por los volcanes fueron los principales contribuidores al desarrollo de la atmósfera primitiva (hace 4500 millones de años), es decir, la protoatmósfera [4], además de tener implicaciones en el ciclo inorgánico del carbono y la evolución de la vida [5]. La protoatmósfera era una atmósfera muy distinta a la actual, formada, principalmente, por hidrógeno (H_2), dióxido de carbono (CO_2) y monóxido de carbono (CO), además de otros gases arrojados por actividad volcánica, sobre todo nitrógeno (N_2) y vapor de agua ($H_2O_{(g)}$). Actualmente, el vulcanismo, juega un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio químico-físico de la Tierra.

El artículo tiene como objetivo resumir los descubrimientos de las reacciones químicas de los gases volcánicos y sus efectos en la atmósfera. La interacción entre gases volcánicos y los compuestos químicos volátiles ambientales, pueden facilitar reacciones químicas con especies que normalmente se consideran químicamente inertes, es decir, elementos o compuestos no reactivos.

Composición química de los gases volcánicos

Los volcanes pueden ser a conducto abierto o cerrado, aunque de igual manera en ambos casos pueden ser caracterizados por su desgasificación, la cual puede ocurrir en la parte somera del





cráter y/o en las partes periféricas, especialmente donde se presentan fracturas. El estudio de monitoreo de la concentración de los gases, como también sus relaciones composicionales, son de gran interés para los vulcanólogos.

El impacto atmosférico del vulcanismo moderno involucra el estudio de las emisiones de gases volcánicos durante las erupciones esporádicas, las emisiones persistentes y la desgasificación pasiva. Las columnas de estos tipos de actividades presentan entornos diferentes: i) columnas ricas en cenizas (erupciones y/o emisiones persistentes) que se elevan hasta la alta atmósfera y ii) columnas casi transparentes pobres en cenizas y ricas en $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$, CO_2 (los más abundantes) y otros gases volcánicos (emisiones pasivas).

La *pluma volcánica*, es decir, la columna de gases que sale del volcán, es una mezcla de gases, líquidos y sólidos (Figura 2). La composición de la pluma es controlada por el equilibrio entre los gases y la parte fundida que se encuentran en la cámara magmática [6]. Además, la composición varía entre volcanes que tienen diferente origen y por lo tanto diferente tipo de magma. Un panorama más complicado se presenta si las emisiones volcánicas provienen de *fumarolas*, es decir, fracturas asociadas al edificio volcánico, donde podrían interactuar con aguas subterráneas o marinas, y así modificar la composición química y la concentración de los gases [7]. El $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$, independientemente del origen, composición y concentración de los gases, contribuye entre el 50 y 90% del volumen total (% vol.) y es considerado el compuesto gaseoso más abundante en la pluma volcánica. Sin embargo, en comparación con la concentración de $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ atmosférico, la contribución global de $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ volcánico es despreciable. El segundo gas más abundante en la pluma volcánica es el CO_2 , que puede encontrarse entre el 1 y 40% en vol. El CO_2 es un gas de efecto invernadero, principal contribuyente al calentamiento global. Los compuestos sulfúricos, bióxido de azufre (SO_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S), compiten por el tercer lugar en abundancia

relativa entre el 1-25% y 1-10% vol., respectivamente. El compuesto dominante de sulfuro en la pluma volcánica es el SO_2 , esto porque el H_2S tiene un tiempo de vida en la atmósfera de algunos días y es removido mediante procesos de oxidación y mediante reacciones con otros compuestos atmosféricos (por ejemplo, SO_2 , oxígeno (O_2), hidróxido (OH) y ozono (O_3)). Otros gases volcánicos que contribuyen <1% vol. en la abundancia relativa de la pluma, son el sulfuro de carbonilo (COS) y el sulfuro de carbono (CS_2). El COS , que es el precursor del CS_2 , por su estabilidad química tiene un tiempo de residencia de años en la atmósfera. Pero, al mismo tiempo, las cantidades presentes en la atmósfera se consideran insignificantes. Finalmente, los gases volcánicos menos comunes que se emiten en cantidades muy pequeñas son: CO , H_2 , N_2 , O_2 , metano (CH_4), sulfuro (S_2) y amoníaco (NH_3).

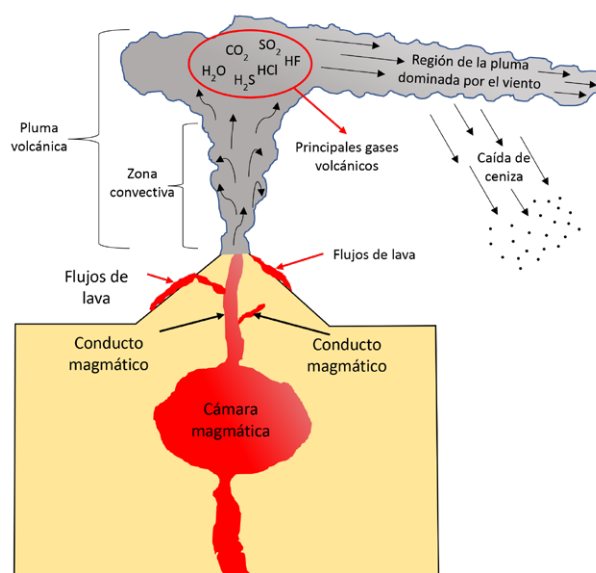


Figura 2: Simple descripción de la estructura interna (conducto y cámara magmática) y externa (pluma volcánica) de un volcán. La pluma volcánica es formada por 3 partes: i) una zona convectiva, donde la salida de los gases depende de la presión generada en la cámara magmática y en el conducto, ii) una zona de equilibrio de los gases volcánicos con la atmósfera y iii) una región donde gases y cenizas son transportados por el viento.

En la antigüedad los griegos, romanos y fenicios emplearon a los halógenos, como son flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br) y yodo (I), principalmente en forma de sales para conservación de los alimentos. En la actualidad, especialmente por su comportamiento, características y reactividad química, los halógenos son elementos muy estudiados en las plumas volcánicas. Monitorear la variabilidad temporal de los halógenos en la pluma permite predecir cambios en la cámara magmática y eventuales erupciones volcánicas [8]. Generalmente, las cantidades de estos compuestos, presentes en forma de



ácidos, como ácido fluorhídrico (HF), ácido clorhídrico (HCl), ácido bromhídrico (HBr) y ácido yodhídrico (HI), son muy bajas, es decir $<1\%$ vol. La excepción es el HCl, que puede presentar cantidades entre 1 y 10% en vol. en la pluma volcánica.

Influencia de los gases volcánicos en el ambiente

En la historia de la Tierra los gases emitidos por los volcanes han influenciado el ambiente, empezando con la contribución en la formación de la atmósfera primordial hasta llegar a los efectos sobre el clima y la atmósfera actual. Los gases de la pluma volcánica, una vez emitidos y liberados, se mezclan y diluyen rápidamente en el ambiente atmosférico. En la Figura 3 se muestra el volcán Popocatepetl, que se encuentra en continua actividad desde el año 1994, en un evento de desgasificación pasiva (Figura 3a) y un evento de exhalación (Figura 3b) [9, 10].

La desgasificación pasiva se caracteriza por la continua liberación de gases por parte del volcán, incluso cuando no está produciendo ninguna erupción, por otra parte durante una exhalación el volcán emite gases y/o ceniza debido a un acumulo de gas en el conducto magmático y su rápida liberación. En esta condición, los principales gases emitidos incluyen H_2O , CO_2 y SO_2 .

El impacto de los gases volcánicos en la atmósfera cambia dependiendo el tipo de emisión, las emisiones de baja o media intensidad pueden afectar el clima local y troposférico (0-18 km, desde la superficie), en cambio las erupciones de alta intensidad (explosivas) afectan el clima global inyectando gases y cenizas hasta la estratósfera (10-50 km). La ceniza volcánica liberada en la estratósfera durante una fuerte erupción, principalmente aquella caracterizada por un tamaño muy pequeño (no depositada por gravedad), bloquea la luz solar y provoca un enfriamiento temporal, además de viajar por grandes distancias y en ocasiones atravesar el globo. Al mismo tiempo, las columnas eruptivas ricas en SO_2 o CO_2 impactan mayormente el clima teniendo la capacidad de enfriamiento o calentamiento global, respectivamente. El SO_2 que se convierte en aerosol de ácido sulfúrico (H_2SO_4) cuando es inyectado en la estratósfera, puede permanecer por varios años y puede ejercer un efecto de enfriamiento mucho después de que se haya producido en la erupción volcánica. Además, la contaminación del aire por H_2SO_4 puede generar *lluvia ácida*, es decir, forma de precipitación de componentes ácidos, afectar el medio ambiente y la salud humana [11]. Plantas, suelos y fuentes de aguas cerca de las plumas volcánicas pueden ser afectados por lluvia ácida.

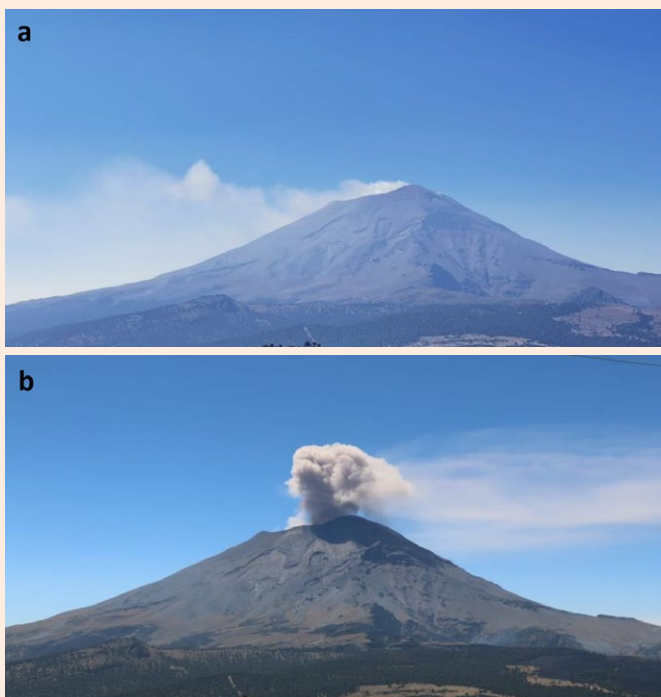


Figura 3: Pluma volcánica del Popocatepetl durante un episodio de desgasificación pasiva (a) y una exhalación (b). Foto tomada desde el Observatorio Atmosférico de Alzomoni, situado dentro del Parque Nacional Iztapalapa [12]

Las emisiones de grandes cantidades de ceniza y gases volcánicos en la atmósfera pueden llevar a lo que se

denomina *invierno volcánico*, es decir, un evento climático caracterizado por un enfriamiento global debido a la inyección de productos volcánicos en la atmósfera, que produjo un impacto en la flora y fauna, y en la alteración del equilibrio de la química océano-atmósfera. Estos eventos pueden ser de tal entidad que algunas teorías proponen el *invierno volcánico* como causa desencadenante y/o coadyuvante al impacto del meteorito Chicxulub en México que llevó a la extinción de los dinosaurios. Según los historiadores, la derrota del emperador Napoleón Bonaparte en la batalla de Waterloo en junio de 1815, debida principalmente a una estrategia fallida de combate, fue causada en parte por una gran erupción volcánica del Monte Tambora, situado en Indonesia, en abril de ese mismo año [13]. Esta erupción, que causó la muerte de más de 100,000 personas, produjo un invierno volcánico por la enorme cantidad de ceniza y SO_2 emitidos en la estratósfera. Además, algunos científicos creen que las erupciones volcánicas, como la del Mount St. Helens en 1980 y el Mount Pinatubo en 1991, llevaron a un enfriamiento global a corto plazo, ya que el SO_2 , las cenizas y otras partículas reflejaron algo de energía solar en lugar de dejarla entrar a la atmósfera terrestre. La erupción del Mount Pinatubo, situado en las Filipinas, fue una de las más grandes del siglo XX, ya que causó la disminución de 0.5°C de la temperatura global, además de inyectar en la atmósfera alrededor de 20 millones de toneladas de SO_2 .

Otro gas atmosférico importante que interactúa con los gases emitidos por los volcanes es el O_3 , este último es considerado de vital importancia porque absorbe la radiación ultravioleta que es biológicamente dañina,



por otro lado, cuando se producen elevadas cantidades de O_3 a nivel de la superficie terrestre, este puede ser perjudicial para los seres humanos, plantas y animales, siendo un gas tóxico. Aunque los aerosoles volcánicos son catalizadores para la reducción de O_3 estratosférico [14], los verdaderos culpables de la destrucción del O_3 son los CFC (clorofluorocarburos) generados artificialmente.

Según el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), los volcanes generan alrededor de 200 millones de toneladas de CO_2 al año, mientras que la actividad antropogénica (automóviles e industrias) impactan con 24 mil millones de toneladas de CO_2 por año. Los volcanes comprenden <1% de las emisiones de CO_2 y gases de efecto invernadero que impactan en todo el mundo cada año. Se estima que, durante la erupción del Monte St. Helens, situado en Estados Unidos, en las primeras horas de erupción se inyectaron a la atmósfera 10 millones de toneladas de CO_2 [15].

CONCLUSIÓN

Las emisiones volcánicas, altamente variables en el tiempo y en espacio, constituyen una fuente natural importante para muchas especies químicas. Mediciones a largo plazo de los principales gases volcánicos (SO_2 y CO_2), incluyendo el uso de simulaciones con modelos de dinámica interna, permiten determinar el impacto de las emisiones en el clima. Los volcanes y los gases volcánicos en particular, tienen un papel importante y complicado en la modificación del clima y la atmósfera. Las enormes y esporádicas inyecciones de gases y aerosoles en la troposfera y estratosfera influyen la química-física local y global. Actualmente el vulcanismo no está contribuyendo significativamente al calentamiento global ni a alterar el medio ambiente de la Tierra. Pero la historia de la Tierra ha demostrado claramente que tienen el poder de hacerlo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] W. K. Stovall, C. L. Driedger, E. G. Westby and L. M. Faust, "Living with volcano hazards", U.S. Geological Survey Fact Sheet 2019-3075. <https://doi.org/10.3133/fs20183075>
- [2] A. Aiuppa and F. Gaillard, "Volcanic Gases", In: White W. (eds) Encyclopedia of Geochemistry. Encyclopedia of Earth Science Series, Springer, Cham, 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39193-9_239-1
- [3] J. W. Ewert, A. K. Diefenbach and D. W. Ramsey, "2018 Update to the U.S. Geological Survey National Volcanic Threat Assessment", Scientific Investigations Report 2018-5140. <https://doi.org/10.3133/sir20185140>
- [4] J. F. Kasting, "Earth's early atmosphere". Science, vol. 259, pp. 920-926, 1993. <https://doi.org/10.1126/science.11536547>
- [5] T. A. Mather, "Volcanism and the atmosphere: the potential role of the atmosphere in unlocking the reactivity of volcanic emissions", Philosophical Transactions of the Royal Society, vol. 366, pp. 4581-4595, 2008. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0152>
- [6] R. B. Symonds, W. I. Rose, G. J. S. Bluth and T. M. Gerlach, "Volcanic gas studies: methods, results and applications, in: Volatiles in Magma", Reviews in Mineralogy, vol. 30, pp. 1-66, 1994. <https://doi.org/10.1515/9781501509674-007>

- [7] C. Oppenheimer, T. P. Fischer and B. Scaillet, "Volcanic Degassing: Process and Impact", Treatise on Geochemistry (Second Edition), Vol. 4, Elsevier, pp. 111-179, 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00304-1>
- [8] N. Taquet, W. Stremme, M. Grutter, J. Baylón, A. Bezanilla, B. Schiavo, C. Rivera, R. Campion, T. Boulesteix, A. Nieto-Torres, R. Espinasa-Pereña, T. Blumstock and F. Hase, "Variability in the Gas Composition of the Popocatepetl Volcanic Plume", Frontiers in Earth Science, 7, pp. 114, 2019. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00114>
- [9] R. Campion, H. Delgados-Granados, D. Legrand, N. Taquet, T. Boulesteix, S. Pedraza-Espitia and T. Lecocq, "Breathing and Coughing: The Extraordinary High Degassing of Popocatepetl Volcano Investigated with an SO_2 Camera", Frontiers in Earth Science, vol. 6, pp. 163, 2018. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00163>
- [10] B. Schiavo, W. Stremme, M. Grutter, R. Campion, C. A. Guarín, C. Rivera and S. Inguaggiato, "Characterization of a UV camera system for SO_2 measurements from Popocatepetl Volcano", Journal of Volcanology and Geothermal Research, vol. 370, pp. 82-94, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.09.001>
- [11] A. Hansell and C. Oppenheimer, "Health Hazards from Volcanic Gases: A Systematic Literature Review", Archives of Environmental Health, vol. 59, pp. 628-639, 2004. <https://doi.org/10.1080/00039890409602947>
- [12] Dirección de Monitoreo Atmosférico, detalles sobre el Observatorio Atmosférico Altzomoni. Disponible en: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27aaBhnmU=%27>
- [13] M. J. Genge, "Electrostatic levitation of volcanic ash into the ionosphere and its abrupt effect on climate", Geology, vol. 46, pp. 835-838, 2018. <https://doi.org/10.1130/G45092.1>
- [14] L. Xu, K. Wei, X. Wu, S. P. Smyshlyayev, W. Chen and V. Ya. Galin, "The Effect of Super Volcanic Eruptions on Ozone Depletion in a Chemistry-Climate Model", Advances in Atmospheric Sciences, vol. 36, pp. 832-836, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00376-019-8241-8>
- [15] U.S. Geological Survey, volcanic hazard and climate change. Disponible en: <https://www.usgs.gov/natural-hazards/volcano-hazards/volcanoes-can-affect-climate>

Cómo citar este artículo:

Schiavo, B., Inguaggiato, C., Arredondo-Palacios, T. E., & Meza-Figueroa, D. (2021). EMISIONES VOLCÁNICAS: ORIGEN E IMPACTO EN LA ATMÓSFERA. EPISTEMUS, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.160>



HELPDESK COMO ALTERNATIVA DE SOPORTE Y GESTIÓN TECNOLÓGICA PARA UNA EMPRESA TABASQUEÑA

Helpdesk as alternative of support and technological management for a tabasco company

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Atilano Ortiz González ¹
Marbella Araceli Gómez Lemus ²
Karla Alejandra Zurita Cruz ³

Recibido: 14 / 06 / 2021

Aceptado: 11 / 11 / 2021

Publicado: 23 / 11 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.163>

Autor de Correspondencia:

Atilano Ortiz González

Correo: 192h19001@alumno.ujat.mx

Resumen

Este artículo presenta una investigación que tiene como objetivo proponer una mejora en los servicios que brinda una mediana empresa de Tabasco. Buscamos que la empresa brinde flexibilidad en la atención al cliente optimizando los tiempos para lograr la satisfacción del cliente. Para ello, se aplica la metodología ITIL, que permite adecuar los procesos internos con la ayuda de sus cinco fases: estrategia, diseño, transición, operación y mejora continua del servicio. A través de un sistema de ayuda en línea, la empresa automatizará sus técnicas, procesos y procedimientos, incluido el mantenimiento de la competitividad. Todo esto se aplicará a nuestra empresa de estudio.

Palabras clave: Help Desk, empresa prestadora de servicio, herramienta tecnológica, metodología ITIL.

Abstract

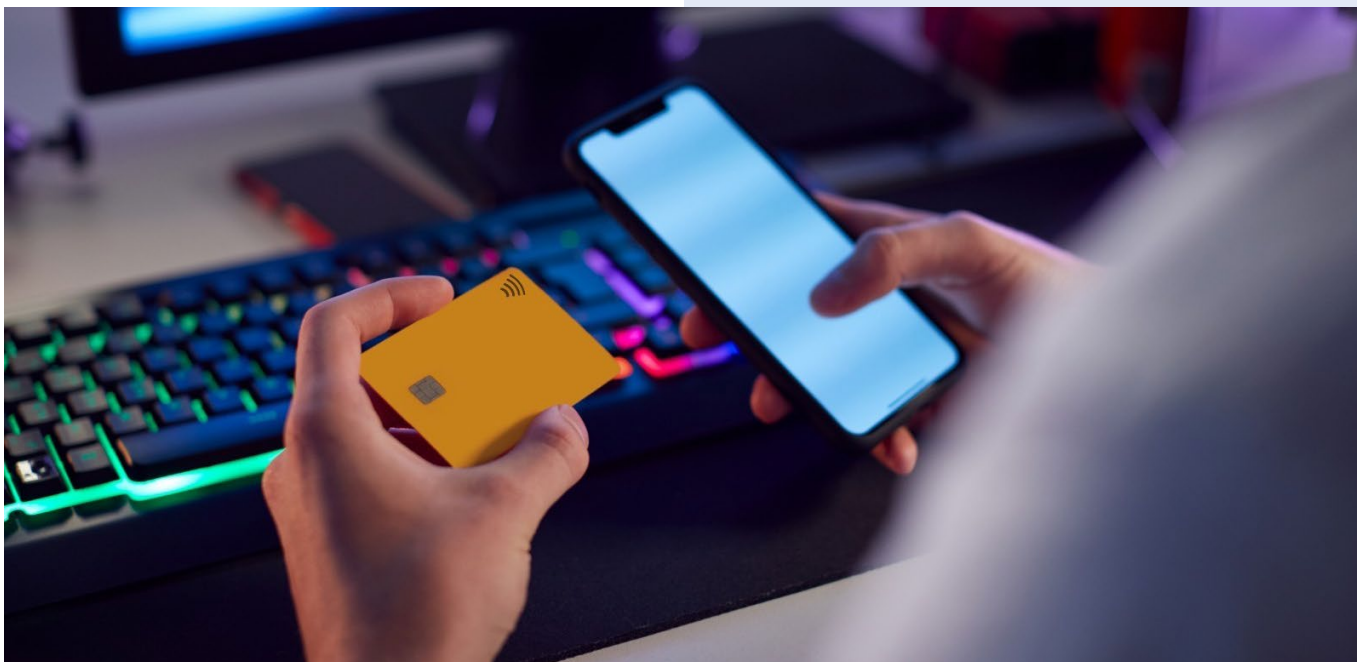
This article presents an investigation that aims to propose an improvement in the services provided by a medium-sized Tabasco company. We look for the company to provide flexibility in customer service by optimizing times to achieve customer satisfaction. To this end, the ITIL methodology is applied, which allows the internal processes to be adapted with the help of its five phases: strategy, design, transition, operation, and continuous service improvement. Through an online Help Desk system, the company will automate its techniques, processes, and procedures, including maintaining competitiveness. All these will be applied to our studying company.

Keywords: Help Desk, service provider company, technological tool, ITIL methodology.

¹ LIA. Atilano Ortiz González, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México, 192h19001@alumno.ujat.mx.

² DRA. Marbella Araceli Gómez Lemus, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México, marbella.gomez@ujat.mx.

³ MATI. Karla Alejandra Zurita Cruz, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México, karla.zurita@ujat.mx



INTRODUCCIÓN

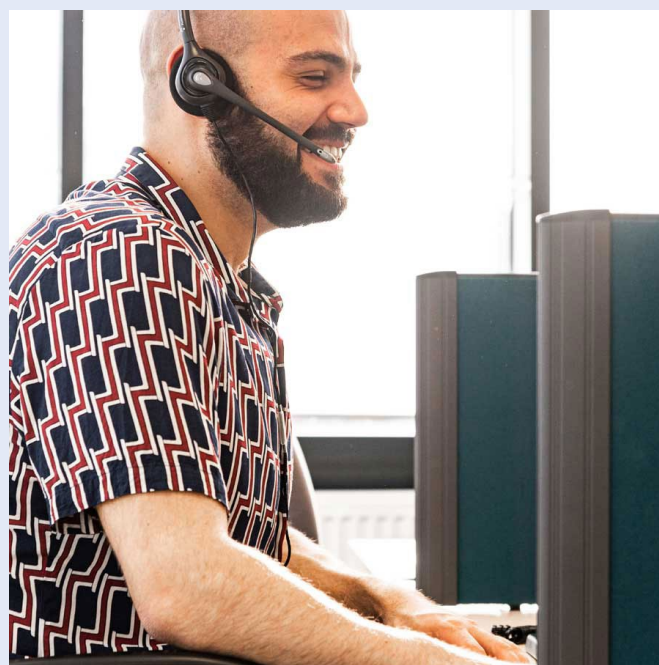
La mesa de ayuda o Help Desk permite a las empresas prestadoras de servicios gestionar y solucionar incidencias con ayuda de las Tecnologías de Información (TI) para ofrecer soporte relacionados con los procesos, productos y servicios que proporciona a sus usuarios internos y externos (clientes).

La presente investigación se centra en proponer una herramienta tecnológica consistente en un prototipo de sistema de mesa de ayuda que permita realizar pruebas de ejecución en la empresa de estudio Techfusione (la cual es una mediana empresa tabasqueña que ofrece solución a problemas tecnológicos, equipos electrónicos, equipos de cómputo y entretenimiento mediante reparaciones certeras para satisfacer las necesidades de sus clientes con o sin garantía válida en sus equipos), con la finalidad de dar solución a los problemas actuales que presentan y que podrán ser validados a través del prototipo.

Planteamiento del problema

Los problemas actuales que presenta la empresa de estudio son los siguientes:

- ▶ Falta de respuesta oportuna en el servicio, ya que de 2011 a la fecha se han incrementado los clientes y con ello los servicios, actualmente solo utiliza un software de escritorio (Service Shop) como herramienta auxiliar para controlar las órdenes de servicio y realizar actividades tales como: alta de clientes y equipos electrónicos, registro y verificación del estado de las órdenes de servicio, asignación de equipos a los técnicos y baja de clientes.
- ▶ Falta de información, la cual dificulta establecer prácticas alternativas para dar respuesta inmediata a las so-



licitudes generadas por los clientes, por ejemplo, sincronizar el control remoto, personalización del equipo, mejorar la conexión de red, entre otros.

- ▶ Carencia de un portal de comunicación que permita al cliente interactuar frecuentemente con el personal, y le permita exponer sus comentarios, interrogantes, sugerencias, o bien, localizar la ubicación de la empresa, conocer los servicios que ofrece, entre otros [1].

En conclusión, los anteriores problemas se presentan debido a la carencia de herramientas tecnológicas que le permitan llevar un registro oportuno de las necesidades del cliente y atenderlas, ya que actualmente solo se apoyan en



la elaboración de un reporte manual para después transcribirlo a hojas de cálculo, pero sin generar algún registro sistemático. De igual manera, carece de una metodología formal para normalizar sus procesos, definir los tiempos de atención de acuerdo a la prioridad de cada evento, y de esta manera proporcionar un servicio con mayor calidad.

OBJETIVOS

General

Presentar una propuesta de mesa de ayuda como una herramienta tecnológica que permita optimizar los procesos internos actuales mediante la utilización del modelo ITIL.

- ▶ Específicos
- ▶ Analizar los procesos internos actuales.
- ▶ Determinar los procesos requeridos para la solución de los problemas detectados.
- ▶ Diseñar los procesos internos de solicitud del servicio, compras, producción, entrega del servicio y posventa, requeridos para el desarrollo de sus actividades.
- ▶ Evaluar los procesos internos aplicando la norma ITIL abarcando sus cinco fases.
- ▶ Seleccionar la herramienta tecnológica más factible para la adaptación de la mesa de ayuda.
- ▶ Evaluar la herramienta tecnológica seleccionada para su adaptación a la mesa de ayuda.

METODOLOGÍA

La investigación se basa en un enfoque cualitativo, Fabio Anselmo Sánchez [2] considera el enfoque cualitativo como un procedimiento metodológico que utiliza palabras, textos, discursos dibujos, gráficos e imágenes [...] la investigación cualitativa estudia diferentes objetos para comprender la vida social del sujeto a través de los significados desarrollados por éste. Este enfoque se aplica en el presente proyecto, ya que se hizo un análisis e interpretación de datos con ayuda de la observación y entrevistas aplicadas al personal indicado por Techfusione.

En el desarrollo de la investigación se utilizaron fuentes primarias y secundarias. Las fuentes de información primaria hacen referencia a la institución (pública o privada), o persona que recogió primero los datos y produjo la estadística. Esto aplica para datos que se encuentran de manera impresa, sitio web, entre otros [3]. En esta investigación





se recurrió a boletines, reportes, informes técnicos y otra información rescatada de experiencias relatadas por el personal indicado por Techfusione.

Las fuentes secundarias utilizadas fueron libros, tesis, artículos, revistas científicas y páginas Web que ayudaron a complementar la información acerca de los antecedentes, problema en curso y la justificación de la investigación.

La técnica de recolección de datos utilizada fue la entrevista, que se aplicó al personal de la empresa de estudio, para obtener información referente al modelo del negocio y el uso de las TI en la empresa.

Para diseñar los procesos se está utilizando el modelo ITIL. Se seleccionó por ser una metodología que se enfoca más a los procesos de negocios que permite seleccionar y adaptar aquellos que requiera la organización, además poseer una estructura sencilla para proporcionar servicios informáticos de calidad.

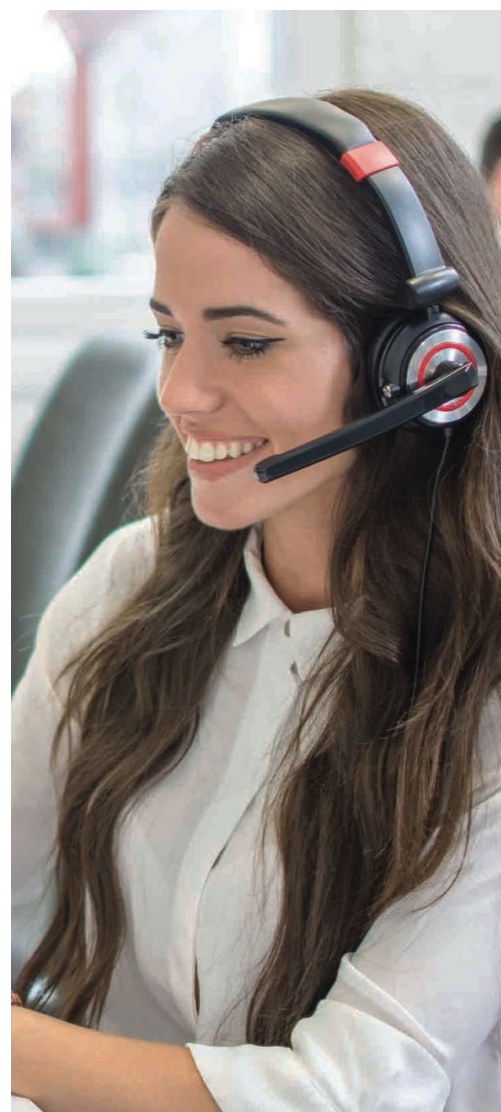
El proyecto se realizó en tres etapas, iniciando con la aplicación de una entrevista, donde se pudo recabar la información necesaria para la realización del proyecto de investigación. En la segunda etapa, con ayuda de la información obtenida, se eligieron tres softwares de mesa de ayuda en línea (*Help Desk on-line*), a los cuales se les aplicó la evaluación de las métricas internas de calidad del producto de software y con base en sus resultados, se seleccionó el que mejor se adaptó a los requerimientos de la empresa. Finalmente, en la tercera etapa se realizará e implementará el prototipo de mesa ayuda con base al modelo ITIL, con la finalidad de agilizar los servicios de la empresa. A continuación, se describen las cinco fases del modelo ITIL que se emplearon a lo largo de la investigación.

Fase 1: Estrategia de servicio

La estrategia de servicio muestra como un proveedor de servicios usa los servicios para dar soporte a la consecución de los resultados deseados tanto por sus clientes como por sí mismo [4]. En esta fase se incluyen los servicios que Techfusione provee a sus clientes y público en general, los cuales se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Segmentación de servicios de Techfusione.

Rubro	Sección	Servicio
Dentro de garantía de servicio. Fuera de garantía de servicio.	Equipos electrónicos. Equipos tecnológicos. Equipos de entretenimiento.	Asesorías. Mantenimiento. Reparaciones. Envíos / Ventas.





Fase 2: Diseño del servicio

En esta fase se asegura que los servicios y procesos nuevos o modificados, cumplan con los requerimientos cambiantes del negocio. Para transformar los objetivos estratégicos en planes operativos para perfeccionar y asegurar los niveles de los procesos, es necesario usar los principios y métodos que esta fase ofrece [5]. Es por eso que se diseñó un catálogo que ofrece información precisa de los servicios activos con los que cuenta Techfusione, así como aquellos servicios adicionales que proporcionará en un futuro (ver tabla 1). Igualmente, se crearon y formalizaron los procesos internos con la información proporcionada por Techfusione. En la figura 1, se muestran las actividades que se realizan en dichos procesos.



Figura 1. Procesos internos de Techfusione.

Fase 3: Transición del servicio

El objetivo principal de esta fase es el de establecer un cambio cultural en la empresa. Considerando que actualmente la empresa no cuenta con un sistema estructurado para la gestión de incidentes y solicitud de cambios, se inicia en Techfusione un proceso de adaptabilidad para realizar campañas de concientización, comunicación, divulgación y capacitación tomando en cuenta el ajuste de una nueva estructura basada en el sistema propuesto. Se debe incentivar a todo el personal involucrado para que adopten las nuevas políticas y garantizar el éxito de la implantación de los nuevos procesos.

Fase 4: Operación del servicio

La operación del servicio tiene como objetivos la coordinación y ejecución de las actividades y procesos necesarios para entregar y gestionar servicios para usuarios y clientes con el nivel especificado [6]. En esta fase se realizó la selección del software *Help Desk* para el diseño del prototipo que consta de tres aspectos: procesos internos, infraestructura tecnológica y la arquitectura para la instalación y ejecución del mismo (los cuales se muestran en la figura 2), siendo esta el nexo que une las metas de negocio con el sistema de *software* para agilizar las actividades que se realizan aportando

flexibilidad, automatización de la infraestructura y herramientas necesarias para reducir los costes de integración.

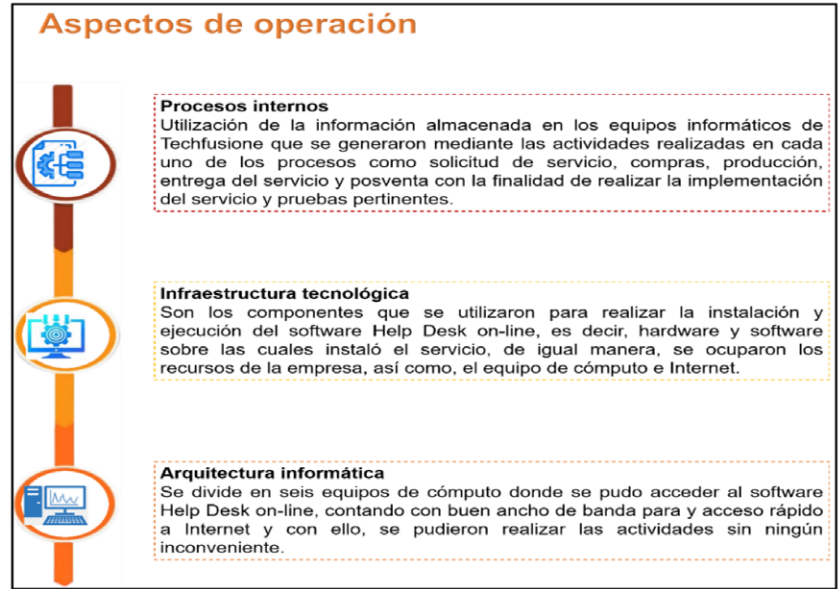


Figura 2. Aspectos de operación.

Asimismo, se utilizaron métricas internas de calidad: eficiencia, confiabilidad, funcionalidad y usabilidad para la selección del software optimo, para ello se seleccionaron tres softwares del mismo rubro: Jira Service Desk, Manage Engine Service Desk y Spiceworks Help Desk, cada uno de ellos fueron evaluados de acuerdo a sus funciones y características peculiares, conforme a la experiencia obtenida en la instalación del *software*, el conocimiento del grado de manejo, así como sus funciones e interfaces atractivas. Finalmente, se decidió utilizar el software *Help Desk on-line* denominado Manage Engine Service Desk, la figura 3 muestra los resultados obtenidos de la evaluación.



Figura 3. Resultados de la evaluación aplicando métricas.





Fase 5: Mejora continua del servicio

Esta fase se utilizará para proponer algunos trabajos futuros que permitan dar seguimiento a la investigación. Cabe mencionar que no se contempla el desarrollo de la herramienta tecnológica, solo se presentará un prototipo de mesa de ayuda que representa un previo de las funciones y servicios que realizará la herramienta tecnológica *Help Desk* elegida, por lo que la mejora no aplica en esta investigación, sin embargo, en la sección de trabajos futuros, se proponen que una vez implementada la herramienta, se apliquen estrategias de mejoras del servicio en ciertos puntos conforme a la actualización de la misma en la empresa de estudio.

RESULTADOS

Hasta el momento se han obtenido los siguientes resultados:

- ▶ Mediante la aplicación de la entrevista, se obtuvo el modelo de negocio y las tecnologías de información que utilizan en la realización de las actividades en Techfusione.
- ▶ A partir de la información proporcionada por Techfusione, se diseñaron los procesos internos, así como las actividades a realizar en cada uno de ellos.
- ▶ Se asignaron tiempos de entrega del servicio con la finalidad de minimizar estos y así proporcionar servicios de calidad.
- ▶ Se desarrollaron procedimientos estandarizados de fácil entendimiento que ayudan en la optimización del servicio.

Cabe mencionar que esta investigación aún no concluye, pero se considera finalizarla en un plazo de seis meses, y los resultados esperados son los siguientes:

- ▶ Como producto, se obtendrá un prototipo con ayuda de las funciones de Manage Engine Service Desk Plus en su versión 11.0 Build 11000, utilizando la información proporcionada por la empresa de estudio. Esto para hacer un previo de las ventajas que tendrá al ser adquirido.
- ▶ La propuesta de implementación de *Help Desk on-line* ofrece funciones tales como: levantamiento de ticket, seguimiento de las actividades por servicios, administración de correos, visualización de métricas, informes, base de conocimientos, administrar usuarios, gestor de solicitudes, automatización de procesos, lista de solicitudes, intercambio de información dentro de la empresa, permisos, comentarios, estados, usuarios y roles.
- ▶ Igualmente, el sistema permitirá contar con una matriz RACI, la cual se enfoca en la gestión del proyecto para determinar qué persona es responsable de una tarea que es fundamental para que el proyecto sea entregado dentro del marco de tiempo propuesto y esperado.

CONCLUSIONES

Con ayuda de la metodología ITIL se crearon los procesos internos con la capacidad de abarcar los servicios que se brindan y así establecer un control de satisfacción para medir el trabajo realizado. Con lo anterior, se dictaminó bajo las buenas prácticas cual era el sistema de mesa de ayuda más acorde a las necesidades de la empresa Techfusione. Donde, Manage Engine Service Desk sería el sistema de información capaz de brindar diversas herramientas que administren, controlen y reporten la situación de la atención a los clientes de esta empresa como propuesta de mejora en los servicios otorgados por Techfusione. La elaboración e implementación del sistema propuesto con las herramientas sugeridas ofrecerá una mejor funcionalidad, capacidad de adaptarse a cualquier organización sin importar su tamaño, permitirá el monitoreo de los procesos, automatizará las tareas y con la ventaja de ser ejecutar bajo la licencia de software libre.

Determinar nuevos procesos de atención y un *software* para administrar las tareas realizadas, conlleva a Techfusione a un cambio en diversos contextos, tales como modificar los procesos con los que actualmente proporciona sus servicios, resaltar la cultura organizacional en lo referente a las TI y la reasignación de puestos que le permita a los empleados trabajar en un enfoque basado en buenas prácticas de TI, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. De la cruz, "Servicios en Techfusione," Techfusione., Villahermosa, Tabasco, Tech. rep. 002, Enero 2019.
- [2] F. A. Sánchez, "Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos," *Revista digital de investigación en docencia universitaria*, vol.13, no.1, pp. 103-121, Junio 2019, doi: 10.19083/ridu.2019.644.
- [3] M. Gómez, *Elementos de Estadística Descriptiva*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED), 2018.
- [4] Servicetonic. (2021, Febrero). ITIL, estrategia de servicios. [En línea]. Disponible en: <https://www.servicetonic.com/es/itil/4-itil-estrategia-de-servicios/>.
- [5] L. E. Conde-Zhingre, P. A. Quezada-Sarmiento y W. Hernandez, "Propuesta de Arquitectura de mesa de servicios tecnológicos basado en el marco de referencia ITIL V 3.0," *Iberian Conference on Information Systems and Technologies*, vol. 1, no. 1, pp. 19-22, Junio 2019, doi: 10.23919/CISTI.2019.8760832.
- [6] S.D. Cansado, "Estudio de la fase de operación del servicio de ITIL aplicada a un caso práctico," Trabajo de grado, Fac. Ingeniería de Telecomunicación, Dpto. Ingeniería Telemática, Universidad de Sevilla, Sevilla, España, 2018.

Cómo citar este artículo:

Ortiz Gonzalez, A., Gómez Lemus, M. A., & Zurita Cruz, K. A. (2021). *HELPDESK COMO ALTERNATIVA DE SOPORTE Y GESTIÓN TECNOLÓGICA PARA UNA EMPRESA TABASQUEÑA*. *EPISTEMUS*, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.163>

TEMPERATURA CORPORAL, TERMÓMETROS Y SALUD

Body temperature, thermometers and health

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Beatriz Castañeda¹

Diego Soto-Puebla²

Diana Meza-Figueroa³

Sofía Navarro-Espinoza⁴

Martín Pedroza-Montero⁵

Recibido: 16 / 06 / 2021

Aceptado: 22 / 10 / 2021

Publicado: 09 / 11 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.164>

Autor de Correspondencia:

Dr. Martín Pedroza-Montero

Correo: martin.pedroza@unison.mx

Resumen

La medición de la temperatura ha sido desde siempre uno de los retos de la medicina, puesto que muchas enfermedades tienen como signo inicial el aumento o la disminución de la temperatura, ya sea a cuerpo completo o en regiones muy bien localizadas. Tales afecciones comprenden infecciones, desórdenes metabólicos, cardiovasculares, inflamaciones y cáncer, por lo que la facilidad de uso y precisión de los termómetros para medir rápidamente la temperatura es crucial. Desafortunadamente su desarrollo tecnológico ha sido muy lento, pero en las últimas tres décadas se han incorporado tecnologías que permiten obtener lecturas sin contacto con una gran exactitud, aunque aún resta el desarrollo de herramientas computacionales para entender la expresión térmica de procesos patológicos.

Palabras clave: Temperatura, termómetro, Infrarrojo, cáncer.

Abstract

Temperature measurement has always been one of the challenges of medicine since many diseases have as their initial sign an increase or decrease in temperature, either in the whole body or in very localized regions. Such conditions include infections, metabolic disorders, cardiovascular disorders, inflammation, and cancer. Thus, the ease of use and accuracy of thermometers for rapid temperature measurement is crucial. Unfortunately, their technological development has been slow. However, in the last three decades, they have incorporated technologies that allow obtaining non-contact readings with high accuracy, although the development of computational tools to understand the thermal expression of pathological processes is still pending.

Keywords: Temperature, thermometer, infrared, cancer.

¹ Dra. Beatriz Castañeda¹ Departamento de Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, beatriz.castaneda@unison.mx.

² Dr. Diego Soto-Puebla², Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, diego.soto@unison.mx.

³ Dra. Diana Meza-Figueroa³, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, diana.meza@unison.mx.

⁴ M.C. Sofía Navarro-Espinoza⁴, Departamento de Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, sofia.navarro@unison.mx.

⁵ Dr. Martín Pedroza-Montero⁵, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, martin.pedroza@unison.mx.



INTRODUCCIÓN

La temperatura corporal se relaciona directamente con el funcionamiento de un individuo, y nos proporciona información de todos los procesos fisiológicos que ocurren en un organismo durante su vida. En el caso particular de las personas, la temperatura puede variar por su actividad física, género, edad, raza y el entorno donde habita, principalmente. En su Enciclopedia de Medicina, la Asociación Médica Americana indica que para los seres humanos el rango térmico "normal", definido para un estado de salud sano, va de los 36.5 hasta los 37.2 °C [1]. La estabilidad de la temperatura alrededor de estos valores es el resultado de transformaciones bioquímicas y biofísicas que al desarrollarse en el cuerpo consumen o liberan energía. Para mantener la temperatura corporal se utiliza hasta el 60% del calor generado durante los procesos metabólicos [2]. Aquí los procesos catabólicos exotérmicos como la glucólisis, la oxidación-reducción y las fosforilación-defosforilación son los más influyentes para la transferencia de energía. Estos procesos son regulados por el hipotálamo, manteniendo constante la temperatura del cerebro, los grandes vasos, los músculos profundos y las vísceras. Esta es la temperatura central y, en contraste con la temperatura periférica de la piel y las extremidades, no presenta cambios importantes.

La termorregulación corporal utiliza una serie de sensores de calor o frío ubicados por todo el cuerpo. Los sensores de calor se concentran en las vísceras abdominales y la médula espinal, se activan con la sangre y están en contacto con las partes internas y profundas del organismo. Estos sensores se comunican directamente con el sistema nervioso central (SNC) por medio de las fibras C, un tipo de fibras nerviosas que también transportan información como presión mecánica y dolor químico en un rango desde los 32 °C a los 40 °C. Los sensores de frío se encuentran en la piel y tienen un rango invertido de acción que va desde los 40 °C hasta los 27 °C. En este caso, las fibras nerviosas A-delta son las que llevan la información al SNC [3]. Cualquier interrupción o alteración de



estas vías sensoriales provocará un aumento o una disminución de la temperatura corporal, indicando la presencia o desarrollo de una patología en curso. En general, una elevación de la temperatura corporal se relaciona con la respuesta biológica a un virus, a una infección bacteriana, a algunas enfermedades inflamatorias, a un tumor maligno, al consumo de antibióticos o a la aplicación de vacunas [4]. El objetivo de este artículo es resaltar la importancia de los instrumentos utilizados para medir la temperatura corporal como primera herramienta para el diagnóstico de alguna patología.

Cómo medir la temperatura corporal. Breve historia.

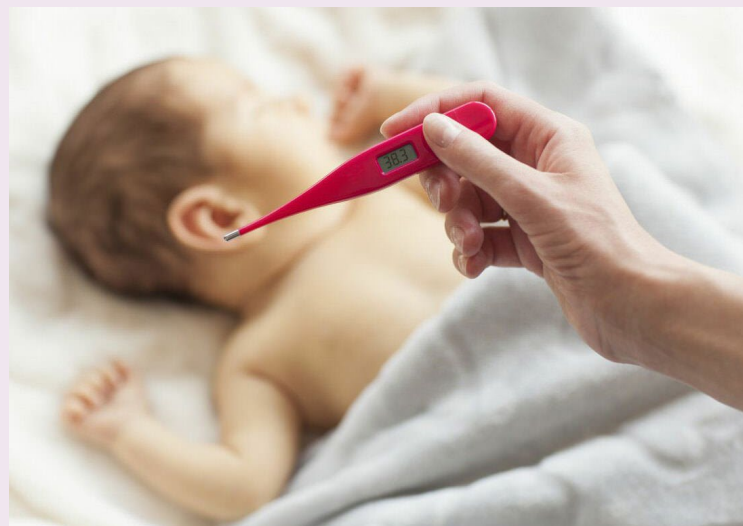
La determinación de la temperatura corporal se vale de dispositivos denominados termómetros, cuyo diseño y sensibilidad varía enormemente. Los primeros termómetros clínicos se desarrollaron a comienzos del siglo XVII, basándose en el termoscopio de Galileo Galilei. Éste consistía en un tubo de cristal lleno de una mezcla de alcohol y agua, sin escalas y sólo para exteriores [5]. El uso de mercurio, introducido por Fahrenheit a principios del siglo XVIII, hizo a estos dispositivos más precisos y los dotó de una escala termométrica bien definida (Figura 1). Estos termómetros fueron ampliamente utilizados hasta



inicios del siglo XXI, pero se disminuyó sensiblemente su producción debido al peligro de contaminación a la atmósfera, geósfera, hidrósfera y biósfera [6].



Figura 1. El termómetro de mercurio apenas experimentó cambios en 300 años. Izquierda: Termómetro original de Fahrenheit; derecha: Termómetro clínico moderno. Imagen obtenida de The Linda Hall Library of Science, Engineering & Technology. <https://www.lindahall.org/daniel-fahrenheit/> [7].



Un avance notable en la medición de temperatura se registró cuando Theodore Benzinger inventó el termómetro de oído en 1964, para conocer más precisamente la temperatura interna del cuerpo; una manera de realizar este tipo de medidas era insertando los electrodos de un termopar directamente al hipotálamo, que es un área del cerebro encargada del control de la temperatura corporal. Aprovechando que el hipotálamo y el tímpano comparten vasos sanguíneos se diseñó un termómetro para introducirse en el canal auditivo; esto abrió un nuevo campo de la ciencia denominado biotermodinámica que facilitó el estudio de diversas complicaciones respiratorias, las contracciones musculares, la secreción de hormonas y alteraciones en la transmisión nerviosa. En 1984 David Phillips inventó el termómetro de oído infrarrojo, similar al mostrado en la Figura 2, el cual consta de un pequeño tubo que al colocarse en el oído irradia la membrana del tímpano con luz infrarroja (IR); la luz reflejada se detecta, y la temperatura se calcula comparando con señales registradas a temperaturas conocidas [8, 9].



Figura 2. Termómetro de oído infrarrojo desarrollado por David Phillips para el registro de la temperatura central de un cuerpo. Imagen obtenida de <https://www.ncpedia.org/media/thermometer> [10].



En 1990 se presentó, en dos versiones, un termómetro diseñado para colocarse directamente en la frente. La primera versión consistió en una tira plástica con cristales líquidos sensibles a la temperatura que cambian de color después de presionarse contra el paciente (Figura 3). La segunda versión era muy similar al termómetro IR timpánico, pero en lugar de colocarse en el oído sólo recoge la emisión de calor de la frente para calcular la temperatura [11].

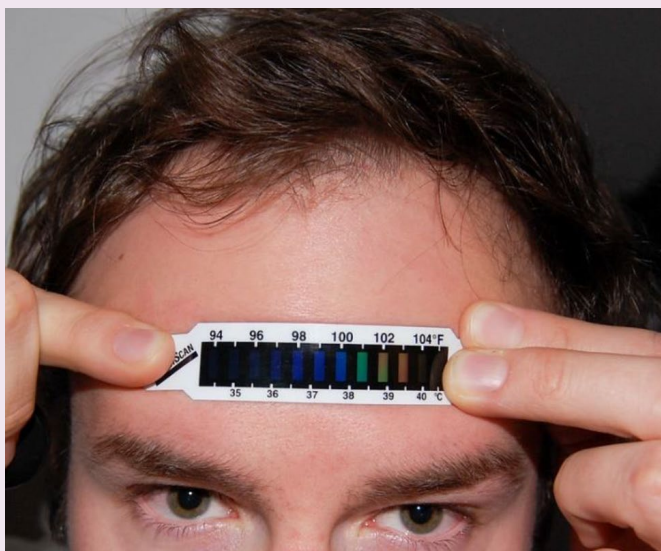


Figura 3. Termómetro frontal de plástico. Contiene cristal líquido que cambia de color con la temperatura. Imagen obtenida de Eric Allix Rogers, en Flickr bajo licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/>)

Recientemente, la evolución de los termómetros se ha visto favorecida por los avances en la electrónica (más rápidos), el desarrollo de materiales (más sensibles) y las necesidades para un control de la temperatura sin contacto. En este sentido, los termómetros IR se han especializado para tomar la temperatura de diferentes partes del cuerpo, principalmente en la frente, aunque últimamente la medición de la temperatura en la arteria femoral y la de cuerpo completo han ganado bastante terreno [12]; si la medición se realiza en la arteria temporal de la frente, ésta debe estar limpia, libre de cosméticos evitando la limpieza con toallas húmedas o la portación de cualquier objeto que cubra la cabeza [13]. Sin embargo, esta clase de termómetros presentan fluctuaciones que pudieran reducir su confiabilidad. Los principales factores que influyen en la variación de las medidas se relacionan estrechamente con el lugar dónde se toma la temperatura, cómo se realiza y la posición del cuerpo. Así pues, siempre es recomendable controlar el espacio donde se realice la medición manteniéndolo fuera de la radiación solar directa, a una humedad menor al 85 % y esperando un tiempo razonable para que se alcance el equilibrio térmico con el medio ambiente alrededor de la persona.

COMENTARIOS FINALES

En la actualidad el uso de los termómetros es una herramienta médica imprescindible que permite conocer el surgimiento y la evolución de una enfermedad. Aunque los termómetros de contacto están cediendo el lugar a los dispositivos IR, éstos mantienen su presencia en muchos hogares y hospitales [14]. Incluso los termómetros que contienen mercurio aún se utilizan. Un camino prometedor para la nueva generación de termómetros



sin contacto es la obtención de una imagen completa del cuerpo para descubrir enfermedades incipientes detectando asimetrías térmicas. Esta rama de la biotermodinámica que comprende la termografía clínica ha iniciado con el diagnóstico de problemas circulatorios, inflamatorios y de cáncer de mama [15, 16]. Sin embargo, aún no ha sido validada por la comunidad médica, que sólo le ha conferido valor como técnica coadyuvante. Aún es necesario el desarrollo de programas computacionales que permitan la asociación inequívoca de patrones biotérmicos con alguna fuente interna de calor, por ejemplo, la producida por los procesos de angiogénesis alrededor de tumor canceroso.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. B. Clayman. The American Medical Association Encyclopedia of Medicine. 1989
- [2] M. S. Popson, M. Dimri, J. Borger. Biochemistry, Heat and Calories. StatPearls Publishing. 2019.
- [3] S. Brain. (2019, abril 5) How do A delta and C fibers differ in sending pain information to the brain? (Consultado 29 mayo 2021). [Online]. Available: <https://brainstuff.org/blog/adelta-c-fibers-difference-pain-information/>
- [4] E. Eliav, R. H. Gracely. Orofacial Pain and Headache: Chapter 3 Measuring and assessing pain. Mosby Elsevier. 2008. pp. 45 - 56.
- [5] W. F. Wright. "Early evolution of the thermometer and application to clinical medicine". J. Therm. Biol. Vol. 56, pp. 18-30. Febrero del 2016.
- [6] J. Hernández. (2018, junio 6). 1611, Santorio inventa el termómetro clínico. (actualizado 12 de febrero de 2020). [Online]. Available: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/1611-santorio-inventa-termometro-clinico_12257/
- [7] W. B. Ashworth. (2016, mayo 24). Scientist of the Day - Daniel Fahrenheit. [Online] Available: <https://www.lindahall.org/daniel-fahrenheit/>
- [8] G. J. O'hara, and D. B. Phillips. "Method and apparatus for measuring internal body temperature utilizing infrared emissions"; U.S. Patent No. 4,602,642, July 29, 1986.
- [9] T. H. Benzinger, T. H. "Clinical ear thermometer"; U.S. Patent No. 3,156,117, November 10, 1964.
- [10] Thermometer. Disponible en: <https://www.ncpedia.org/media/thermometer/> bajo licencia Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode/>
- [11] C. R. Nave. Termómetro de oído por Infrarrojos (traducido por M. Olmo). [Online]. (Consultado 30 mayo 2021). Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/thermo/eartherm.html/>
- [12] C. G., Teran. J., Torrez-Llanos. T. E., Teran-Miranda. C., Balde-rrama. N. S., Shah., P. Villarroel. "Clinical accuracy of a non-contact infrared skin thermometer in paediatric practice". Child: care, health dev. Vol. 38, pp. 471-476. Julio del 2012
- [13] A. Driscoll. (2016, octubre 18). The History of the Medical Thermometer. [Online] (Consultado 30 mayo 2021). Available: <https://blog.withings.com/2016/10/18/history-medical-thermometer/>
- [14] U.S. Food & Drug Administration. (Consultado 30 mayo 2021). Non-contact Infrared Thermometers. [Online]. Available: <https://www.fda.gov/medical-devices/general-hospital-devices-and-supplies/non-contact-infrared-thermometers/>
- [15] U.S. Food & Drug Administration. (Consultado 30 mayo 2021). Detección de cáncer de mama: el termograma no sustituye a la mamografía. [Online]. Available: <https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/deteccion-de-cancer-de-mama-el-termograma-no-sustituye-la-mamografia/>
- [16] C. I. Guerrero-Robles, L. M. Lozano-Trenado, M. C. Uscanga-Carmona, A. N. Ramírez-Vilchis, J. G. Silva-Escobedo, V. Sánchez-Monroy, and C. A. Gonzalez-Diaz, C. A., "Evaluación de termografía tisular diferenciada en mama como potencial técnico para asistir la detección de cáncer," RMIB. Vol. 36, pp. 65-75. 2015, Ene-Abr 2015.

Cómo citar este artículo:

Castañeda, B., Soto Puebla, D., Meza Figueroa, D., Navarro Espinoza, S., & Pedroza-Montero, M. Temperatura, termómetros y salud. *EPISTEMUS*, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.164>



NANOPARTÍCULAS: EFECTOS EN LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE

Nanoparticles: human health effects and environment

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Sofía Navarro-Espinoza ¹

Diana Meza-Figueroa ²

Diego Soto-Puebla ³

Beatriz Castañeda ⁴

Martín Pedroza-Montero ⁵

Recibido: 29 / 06 / 2021

Aceptado: 11 / 09 / 2021

Publicado: 22 / 11 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.166>

Autor de Correspondencia:

Sofía Elena Navarro Espinoza

Correo: sofia.navarro@unison.mx

Resumen

Recientemente, la nanotecnología ha sido un tema de gran interés que ofrece ventajas considerables en muchas áreas. Las características de muchos productos de consumo diario tienen significativas mejoras cuando están nanoestructurados. Por lo que actualmente se han integrado nanopartículas en alimentos, materiales de construcción, así como productos de belleza y cuidado personal, entre otros. En ese sentido, en los últimos años se ha incrementado su uso de manera significativa, conduciendo a la liberación no regulada de dichos nanomateriales al medio ambiente. La exposición ambiental a nanopartículas tiene un efecto negativo en diversos órganos en seres humanos. Además, su acumulación ambiental afecta los procesos naturales dañando a organismos y plantas. En este artículo se describen las vías de exposición y los peligros relevantes para los seres humanos, con una breve introducción a la literatura emergente de su ecotoxicología.

Palabras clave: Nanopartículas, Nanomateriales, Nanotoxicología, Salud humana, Medio ambiente

Abstract

Recently, nanotechnology has been a topic of great interest that offers considerable advantages in many areas. The characteristics of many everyday consumer products are significantly improved when they are nanostructured. As a result, nanoparticles have now been integrated into food, construction materials, as well as beauty and personal care products, among others. In this sense, in recent years, their use has increased significantly, leading to the unregulated release of these nanomaterials into the environment. Environmental exposure to nanoparticles has a negative effect on various organs in humans. In addition, their environmental accumulation affects natural processes by damaging organisms and plants. This article describes the exposure pathways and hazards relevant to humans, with a brief introduction to the emerging literature on their ecotoxicology.

Keywords: Nanoparticles, Nanomaterials, Nanotoxicology, Human health, Environmen.

¹ Sofía Navarro-Espinoza, Departamento de Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, sofia.navarro@unison.mx.

² Diana Meza-Figueroa, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, diana.meza@unison.mx.

³ Diego Soto-Puebla, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, diego.soto@unison.mx.

⁴ Beatriz Castañeda, Departamento de Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, beatriz.castaneda@unison.mx.

⁵ Martín Pedroza-Montero, Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, martin.pedroza@unison.mx.

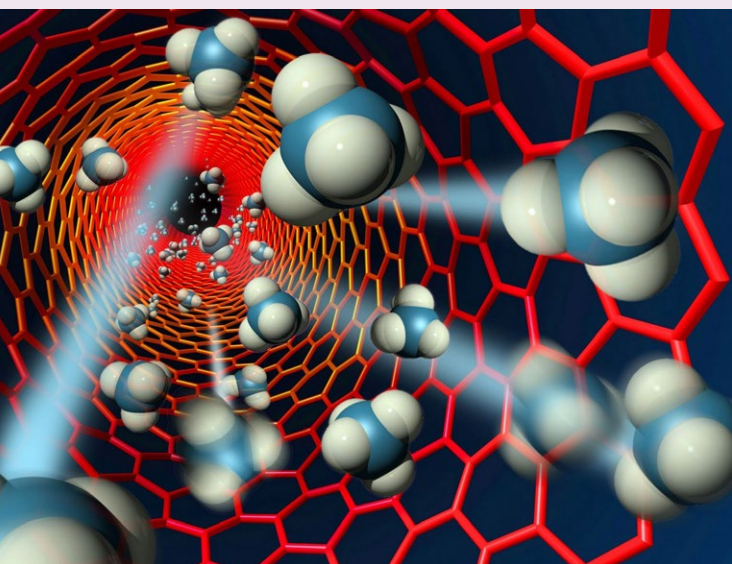
INTRODUCCIÓN

Una nanopartícula (NP) es un material de composición variable, cuyo tamaño está entre 1 y 100 nanómetros (nm) de diámetro. El prefijo griego “nano” significa “enano” y en el campo de la ciencia se refiere a estructuras que miden la mil millonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$) o a la millonésima parte de un milímetro ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-6} \text{ mm}$) (figura 1). La nanotecnología es la disciplina que estudia la materia a nanoescala para comprender sus propiedades físicas y químicas, así como en el avance del diseño, síntesis manipulación y aplicaciones de estos materiales [1]. Las NPs son extremadamente pequeñas y para observarlas se requieren microscopios de alta resolución, como son el electrónico de transmisión (TEM) o el electrónico de barrido (SEM) [1, 2]. Las NPs se generan de manera natural en el polvo de arena de los desiertos, en sustancias químicas formadas por el plancton oceánico, incendios o como resultado de procesos geológicos (volcanes, fumarolas), etc. [3]. En áreas urbanas, se originan principalmente de manera no intencional en procesos de combustión por vehículos de motor y en el desgaste de las llantas o frenos. Aquí, las NPs se acumulan en las banquetas y calles en cantidades hasta diez veces mayores que las concentraciones naturales (o de fondo) [4]. Otra fuente de NPs no intencional es la construcción. En este caso, existen NPs esféricas de TiO_2 y Fe_3O_4 (magnetita), nanotubos de carbono y un enriquecimiento especialmente mayor de metales y metaloides (As, Co, Cr, Cu, Hg, Fe, Sn y Ta) en NPs en relación con partículas más grandes [5]. Adicionalmente, algunas características fisicoquímicas de las NPs son muy atractivas para la industria. En este sentido, se han desarrollado métodos novedosos de síntesis tales como, sol-gel, hidrotermal y coprecipitación [6]. Estos métodos consisten en procedimientos y reacciones químicas con-



troladas, con el objetivo de fabricar NPs intencionalmente para su incorporación en algunos productos. Por ejemplo, en lácteos como leches bajas en grasa, sustitutos de crema para café, polvos para preparar aguas saborizadas, dulces y confitados, con la intención de darles una apariencia más atractiva. Además, se han incorporado en productos de cuidado personal tales como champús estimulantes del crecimiento del cabello, pastas dentales con NPs de plata antibacterianas, cremas para la piel elaboradas con NPs de oro “energizantes y desintoxicantes”, y maquillaje de “alta duración” [7]. En el caso de los protectores solares, se incluyen NPs de dióxido de titanio u óxido de zinc porque bloquean eficazmente la luz ultravioleta, pero se han suscitado algunas dudas sobre su toxicidad [8]. En efecto, algunos de estos nanomateriales pueden suponer riesgos para la salud humana y el medio ambiente [9]. El uso de estos productos conlleva el riesgo de exposición directa; además, las NPs pueden ingresar al sistema de alcantarillado y después al medio ambiente como efluente tratado





descargado a aguas superficiales o a tierras agrícolas. Así pues, la contaminación por NPs es un problema mundial que ha recibido y recibirá atención por parte de la comunidad científica.

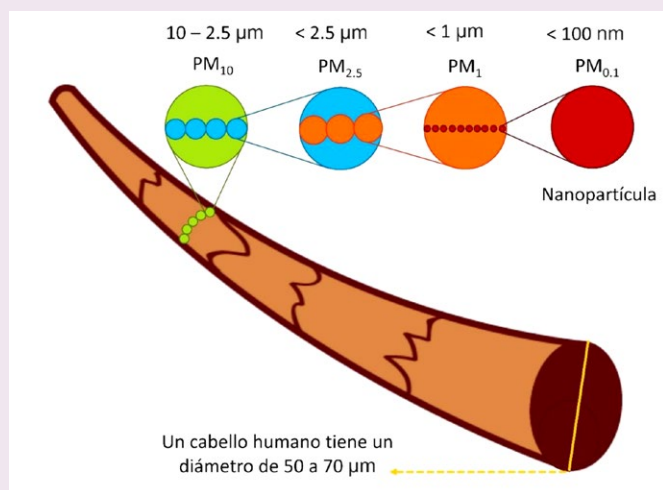


Figura 1: Escala de tamaño de las NPs. Un cabello humano tiene un diámetro aproximado de 50 a 70 micrómetros (un micrómetro, o micra, es la milésima parte de un milímetro). Las partículas se clasifican según su diámetro aerodinámico como PM_{10} (partículas entre 2.5 y 10), $PM_{2.5}$ (partículas menores a 2.5 micras), PM_1 (partículas menores a 1 micra) y como $PM_{0.1}$ (partículas menores a 100 nm), también denominadas NPs.

Implicaciones en la salud humana

Las NPs pueden ingresar al cuerpo humano a través de tres vías de exposición, la más importante es el tracto respiratorio. A medida que el aire pasa a través de la nariz pueden depositarse en las vías respiratorias y en los pul-

mones. Otra vía de ingreso es la ingestión directa; como se mencionó antes, es posible que algunos alimentos procesados contengan NPs incorporadas durante el proceso de elaboración para mejorar sus características. La tercera vía de exposición y menos probable es la cutánea. Las NPs pueden almacenarse en los folículos pilosos y las glándulas sudoríparas y posteriormente ser internalizadas por las células de la epidermis [10, 11]. A partir de estos mecanismos de entrada, las NPs pueden transportarse fácilmente entre diferentes tejidos y luego trasladarse al sistema circulatorio, y consecuentemente, a otros órganos. Los nanomateriales se distribuyen y acumulan principalmente en el hígado, los riñones, el bazo, el sistema nervioso central, la médula ósea y los ganglios linfáticos [1]. La toxicidad de las NPs depende de varios factores, como su persistencia en los órganos y la respuesta biológica del individuo. Asimismo, las NPs de diferentes composiciones químicas siguen distintas vías de absorción y mecanismos para sus respuestas biológicas finales. Estudios previos han reportado la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) provocadas por la exposición a las NPs de TiO_2 [12], ZnO [13], CeO_2 [14], Al_2O_3 [15], MnO_2 [16], etc. El desequilibrio entre la producción y la acumulación de ROS conduce a la aparición de estrés oxidativo en células y tejidos vivos [17]. Su generación excesiva por factores externos como las NPs también provoca efectos nocivos como la apoptosis (muerte celular programada) e induce daños en el ARN o el ADN [18]. Algunos estudios señalan efectos genotóxicos debido a la exposición a las NPs de CeO_2 [14], Ag [19], C [20], TiO_2 [21], ZnO [22], SiO_2 amorfo [22], $CuSO_4$ [23], etc. La genotoxicidad se produce por la interacción directa de las NPs con el material genético, o por daño indirecto debido a la generación de ROS [20]. Uno de los factores clave en la interacción con las estructuras vivas es su solubilidad. Las NPs formadas por compuestos solubles demostraron ser citotóxicas debido a su disolución para liberar iones metálicos. Por ejemplo, las NPs de ZnO son parcialmente solubles para liberar iones de Zn , lo que se ha demostrado como uno de los mecanismos de toxicidad inducida por las NPs de ZnO en células de mamíferos [24]. Las NPs de Ag , que pueden conducir a la acumulación de iones Ag ,



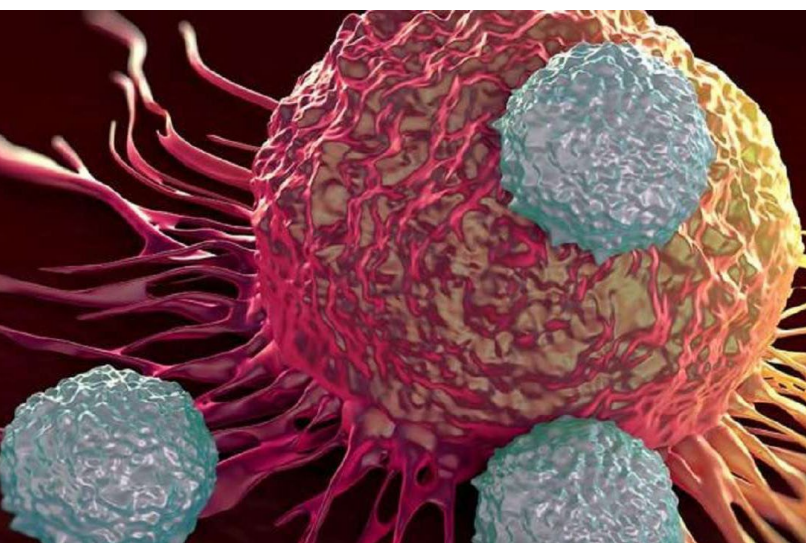


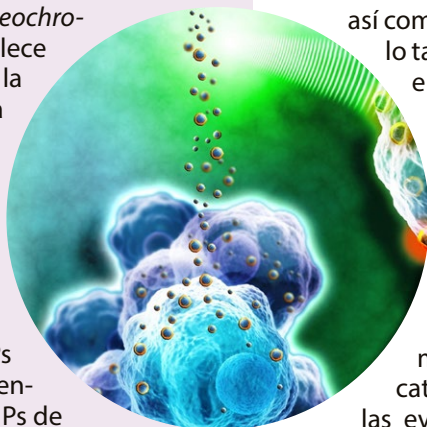
Figura 2: Vías de ingesta de NPs para el humano y productos de uso cotidiano que podrían contener NPs.

también fueron citotóxicas para las células endoteliales [25]. Otro ejemplo son los puntos cuánticos basados en Cd, que pueden liberar iones altamente tóxicos [26]. Las otras NPs que no se disuelven o degradan fácilmente persisten en el sistema biológico y provocan una serie de efectos a largo plazo. Las consecuencias de tal acumulación generalmente implican una influencia carcinogénica, efectos mutagénicos o teratogénicos en el organismo [27]. Conjuntamente con este hecho, se ha señalado la formación de vesículas como un mecanismo en donde los macrófagos alveolares excluyen a los intrusos tóxicos (fagocitosis) [27]. Las NPs de muy baja biosolubilidad como SiO_2 , CeO_2 , ZrO_2 , y asbestos pueden destruir a estas células liberando enzimas y ROS. Esto genera citoquinas inflamatorias y fibróticas, causando daños en el tejido [28]. En resumen, se han identificado varios procesos de daño toxicológico, sin embargo, los mecanismos completos que subyacen a ciertos hallazgos toxicológicos aún no se comprenden del todo y siguen siendo objeto de intensa investigación.

Impacto ambiental

La comprensión de la síntesis para la producción de NPs ayuda a eficientizar y minimizar la generación de contaminantes o a reducir sus emisiones a la atmósfera. El uso de las NPs como eje central de las nuevas tecnologías de remediación ambiental posibilita la remoción o reducción de contaminantes en aire, agua y suelo [29]. Sin embargo, más allá de la gran cantidad de efectos benéficos, también aparecen nuevos riesgos asociados con las fuentes industriales estacionarias (procesos de combustión) [30], las fuentes móviles [31] y los nuevos ambientes laborales [32]. Además de la alteración de fuentes naturales como el polen y los virus [33] que cargados con las NPs al aspirarlas provocan alergias y la diseminación acelerada de algunas enfermedades, respectivamente. La presencia de las NPs en la atmósfera cambia los procesos fotoquímicos afectando, por ejemplo, la nucleación en las nubes [34]. Estos cambios climáticos favorecen la migración de las NPs a

grandes distancias. Éstas luego se depositan en cuerpos de agua o en suelos generando una contaminación secundaria. Como consecuencia de estos procesos, la población puede exponerse a las NPs [35]. Se ha demostrado, mediante estudios ecotoxicológicos, que las NPs tienen efectos negativos sobre los organismos acuáticos unicelulares, pudiendo afectar incluso a los animales acuáticos como crustáceos y peces. Por ejemplo, se ha identificado la citotoxicidad y genotoxicidad en el molusco bivalvo de agua dulce *Coelatura aegyptiaca* [36]. También se encontró que la exposición del pez Carpa (*Cyprinus carpio*) a concentraciones subletales de las NPs de plata le genera lesiones en el intestino y branquias [37]. Igualmente, las NPs de ZnO fueron capaces de inducir estrés oxidativo en los músculos de peces tilapia (*Oreochromis niloticus*) [38]. Lo anterior establece la posibilidad de bioacumulación en la cadena trófica, que llega magnificada a los seres humanos [39]. La principal vía de exposición de NPs a animales acuáticos es la alimentación, ya que las algas y otras plantas pueden absorberlas en grandes cantidades [40]. También es conocido que las NPs afectan el desarrollo de las plantas. Por ejemplo, se reportó que las NPs de Al_2O_3 y TiO_2 perturbaban el crecimiento de las raíces [39, 41]. Además, las NPs de TiO_2 disminuyen la conductividad hidráulica y, por lo tanto, inhiben el crecimiento de las hojas [41]. Asimismo, las plantas expuestas a las NPs de CeO_2 mostraron una respuesta negativa al crecimiento y la fisiología [42]. Recientemente, Jiang *et al.* describieron el efecto negativo de las NPs ya que, las partículas más pequeñas que el diámetro de las aberturas de las estomas ($10\text{-}50\text{ }\mu\text{m}$) ingresan



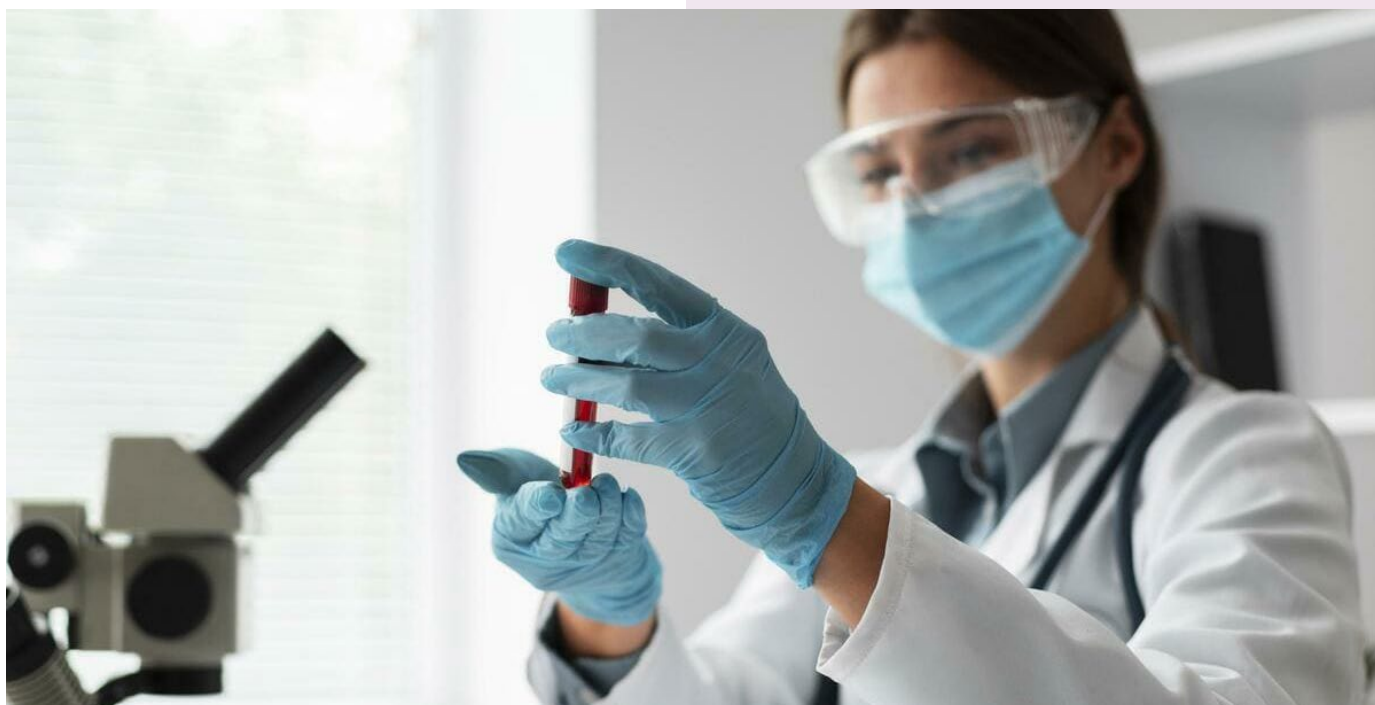
directamente a la cavidad subestomática generando su obstrucción. En consecuencia, ocurre la disminución del crecimiento y los procesos fotosintéticos, provocando la disminución de la biomasa en entornos urbanos [41].

Comentarios finales

En la actualidad existe evidencia de los efectos negativos de los nanomateriales en la salud humana y el ecosistema [5, 9-12, 45]. A pesar del aumento de la investigación, todavía existen lagunas de conocimiento debido a que, hasta la fecha, solamente se dispone de unas pocas técnicas de extracción y análisis para medir la concentración de las NPs en sistemas naturales. Esto resulta en una amplia falta de información sobre sus mecanismos de toxicidad, así como de su presencia en el medio ambiente. Por lo tanto, existe muy poca orientación regulatoria en esta área, algo fundamental para la salud pública. En virtud de la creciente producción de NPs, es inevitable su liberación involuntaria o intencional en el medio ambiente, por lo que se debe prever un plan de evaluación de sus flujos de emisión.

Es muy importante señalar que, además, se necesitan más estudios sobre plantas y diferentes especies de invertebrados marinos y terrestres. Uno de los desafíos es categorizar y priorizar las NPs a los efectos de las evaluaciones de riesgo ecotoxicológico [43], para el análisis del ciclo de vida del producto y determinar los puntos potenciales donde estos materiales pueden entrar al medio ambiente. También es necesario desarrollar técnicas y métodos estandarizados para caracterizar las NPs en el medio ambiente [44]. Tales investigaciones tendrán una contribución importante asegurando que los nuevos productos que incluyen materiales nanoestructu-





rados se fabricarán de manera segura, aprovechando al máximo su potencial para luego desecharse en una forma adecuada e inocua.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Gómez-Garzón, "Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde" *Repert. Med. Cir.*, vol. 27, no. 2, 2018.
- [2] I. Khan, K. Saeed, and I. Khan, "Nanoparticles: Properties, applications and toxicities" *Arab. J. Chem.*, vol. 12, no. 7, pp. 908-931, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.arab-jc.2017.05.011>.
- [3] V. K. Sharma, J. Filip, R. Zboril, and R. S. Varma, "Natural inorganic nanoparticles—formation, fate, and toxicity in the environment" *Chem. Soc. Rev.*, vol. 44, no. 23, pp. 8410-8423, 2015, doi: <https://doi.org/10.1039/C5CS00236B>.
- [4] M. S. Ermolin, P. S. Fedotov, A. I. Ivanev, V. K. Karandashev, N. N. Fedyunina, and A. A. Burmistrov, "A contribution of nanoscale particles of road-deposited sediments to the pollution of urban runoff by heavy metals" *Chemosphere*, vol. 210, pp. 65-75, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.150>.
- [5] M. L. Oliveira, M. Izquierdo, X. Querol, R. N. Lieberman, B. K. Saikia, and L. F. Silva, "Nanoparticles from construction wastes: a problem to health and the environment" *J. Clean. Prod.*, vol. 219, pp. 236-243, 2019, doi: <https://doi.org/10.1080/10473289.2004.10471010>.
- [6] A. V. Rane, K. Kanny, V. Abitha, and S. Thomas, "Methods for synthesis of nanoparticles and fabrication of nanocomposites," in *Synt. Inor. Nanomat.*: Elsevier, 2018, pp. 121-139.
- [7] A. Weir, P. Westerhoff, L. Fabricius, K. Hristovski, and N. von Goetz, "Titanium Dioxide Nanoparticles in Food and Personal Care Products" *Environ. Sci. & Tech.*, vol. 46, no. 4, pp. 2242-2250, 2012/02/21 2012, doi: <https://doi.org/10.1021/es204168d>.
- [8] J. Musial, R. Krakowiak, D. T. Mlynarczyk, T. Goslinski, and B. J. Stanis, "Titanium dioxide nanoparticles in food and personal care products—What do we know about their safety?" *Nanomaterials*, vol. 10, no. 6, p. 1110, 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/nano10061110>.
- [9] R. K. Basniwal, "Toxicity of nanoparticles and their impact on environment" *Nanosci. Plant–Soil Syst.*, pp. 531-543, 2017.
- [10] L. Calderón-Garcidueñas et al., "Combustion-and friction-derived magnetic air pollution nanoparticles in human hearts" *Environ. Res.*, vol. 176, p. 108567, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108567>.
- [11] M. Crosera et al., "Nanoparticle dermal absorption and toxicity: a review of the literature" *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, vol. 82, no. 9, pp. 1043-1055, 2009, doi: <https://doi.org/10.1007/s00420-009-0458-x>.
- [12] G. I. Dar, M. Saeed, and A. Wu, "Toxicity of TiO₂ nanoparticles," in *TiO₂ Nanoparticles: Applications in Nanobiotechnology and Nanomedicine*, 2020, pp. 67-103.
- [13] V. Sharma, D. Anderson, and A. Dhawan, "Zinc oxide nanoparticles induce oxidative DNA damage and ROS-triggered mitochondria mediated apoptosis in human liver cells (HepG2)" *Apoptosis*, vol. 17, no. 8, pp. 852-870, 2012, doi: <https://doi.org/10.1007/s10495-012-0705-6>.
- [14] M. Auffan et al., "CeO₂ nanoparticles induce DNA damage towards human dermal fibroblasts in vitro" *Nanotoxicology*, vol. 3, no. 2, pp. 161-171, 2009, doi: <https://doi.org/10.1080/17435390902788086>.
- [15] D. A. Saud Alarifi and S. Alkahtani, "Nanoalumina induces apoptosis by impairing antioxidant enzyme systems in human hepatocarcinoma cells" *Int. J. Nanomedicine*, vol. 10, p. 3751, 2015.
- [16] S. Alarifi, D. Ali, and S. Alkahtani, "Oxidative stress-induced DNA damage by manganese dioxide nanoparticles in human neuronal cells" *Biomed Res. Int.*, vol. 2017, 2017, doi: <https://doi.org/10.1155/2017/5478790>.
- [17] S. Attarilar et al., "The toxicity phenomenon and the related occurrence in metal and metal oxide nanoparticles: a brief review from the biomedical perspective" *Front. Bioeng.*, vol. 8, 2020, doi: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00822>.
- [18] R. Wan, Y. Mo, L. Feng, S. Chien, D. J. Tollerud, and Q. Zhang, "DNA damage caused by metal nanoparticles: involvement of oxidative stress and activation of ATM" *Chem. Res.*

Toxicol., vol. 25, no. 7, pp. 1402-1411, 2012, doi: <https://doi.org/10.1021/tx200513t>.

[19] P. AshaRani, G. Low Kah Mun, M. P. Hande, and S. Valiyaveetil, "Cytotoxicity and genotoxicity of silver nanoparticles in human cells" *ACS nano*, vol. 3, no. 2, pp. 279-290, 2009, doi: <https://doi.org/10.1021/nn800596w>.

[20] Z. Magdolenova, A. Collins, A. Kumar, A. Dhawan, V. Stone, and M. Dusinska, "Mechanisms of genotoxicity. A review of in vitro and in vivo studies with engineered nanoparticles" *Nanotoxicology*, vol. 8, no. 3, pp. 233-278, 2014, doi: <https://doi.org/10.3109/17435390.2013.773464>.

[21] T. Chen, J. Yan, and Y. Li, "Genotoxicity of titanium dioxide nanoparticles" *J. Food Drug Anal.*, vol. 22, no. 1, pp. 95-104, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.01.008>.

[22] S. Singh, "Zinc oxide nanoparticles impacts: cytotoxicity, genotoxicity, developmental toxicity, and neurotoxicity" *Toxicol. Mech. Methods.*, vol. 29, no. 4, pp. 300-311, 2019, doi: <https://doi.org/10.1080/15376516.2018.1553221>.

[23] G. Isani *et al.*, "Comparative toxicity of CuO nanoparticles and CuSO4 in rainbow trout" *Ecotoxicol. Environ.*, vol. 97, pp. 40-46, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.07.001>.

[24] S. R. Saptarshi, A. Duschl, and A. L. Lopata, "Biological reactivity of zinc oxide nanoparticles with mammalian test systems: an overview" *Nanomedicine*, vol. 10, no. 13, pp. 2075-2092, 2015, doi: <https://doi.org/10.2217/nnm.15.44>.

[25] Y. Cao, "The toxicity of nanoparticles to human endothelial cells" *Cell. Molec. Toxicol. Nano.*, pp. 59-69, 2018, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72041-8_4.

[26] M. Yan, Y. Zhang, K. Xu, T. Fu, H. Qin, and X. Zheng, "An in vitro study of vascular endothelial toxicity of CdTe quantum dots" *Toxicology*, vol. 282, no. 3, pp. 94-103, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tox.2011.01.015>.

[27] T. J. Brunner *et al.*, "In vitro cytotoxicity of oxide nanoparticles: comparison to asbestos, silica, and the effect of particle solubility" *Environ. Sci. & Tech.*, vol. 40, no. 14, pp. 4374-4381, 2006, doi: <https://doi.org/10.1021/es052069i>.

[28] A. P. Scalia Carneiro *et al.*, "Inflammatory and oxidative stress biomarkers induced by silica exposure in crystal craftsmen" *Am. J. Ind. Med.*, vol. 63, no. 4, pp. 337-347, 2020, doi: <https://doi.org/10.1002/ajim.23088>.

[29] P. Biswas and C.-Y. Wu, "Nanoparticles and the environment" *J. Air Waste Manag. Assoc.*, vol. 55, no. 6, pp. 708-746, 2005, doi: <https://doi.org/10.1080/10473289.2005.10464656>.

[30] M.-C. O. Chang, J. C. Chow, J. G. Watson, P. K. Hopke, S.-M. Yi, and G. C. England, "Measurement of ultrafine particle size distributions from coal-, oil-, and gas-fired stationary combustion sources" *J. Air Waste Manag. Assoc.*, vol. 54, no. 12, pp. 1494-1505, 2004.

[31] D. B. Kittelson, "Engines and nanoparticles: a review" *J. Aerosol Sci.*, vol. 29, no. 5-6, pp. 575-588, 1998, doi: [https://doi.org/10.1016/S0021-8502\(97\)10037-4](https://doi.org/10.1016/S0021-8502(97)10037-4).

[32] J. H. Vincent and C. F. Clement, "Ultrafine particles in workplace atmospheres," in *Ultrafine Particles In The Atmosphere*: World Scientific, 2000, pp. 141-154.

[33] C. J. Hogan, M.-H. Lee, and P. Biswas, "Capture of viral particles in soft X-ray-enhanced corona systems: charge distribution and transport characteristics" *Aerosol Sci. Technol.*, vol. 38, no. 5, pp. 475-486, 2004, doi: <https://doi.org/10.1080/02786820490462183>.

[34] P. H. McMurry, K. Shan Woo, R. Weber, D.-R. Chen, and D. Y. Pui, "Size distributions of 3-10 nm atmospheric particles: Implications for nucleation mechanisms" *Philos. Trans. R. Soc.*, vol. 358, no. 1775, pp. 2625-2642, 2000, doi: <https://doi.org/10.1098/rsta.2000.0673>.

[35] K. Donaldson, X. Li, and W. MacNee, "Ultrafine (nanometre) particle mediated lung injury" *J. Aerosol Sci.*, vol. 29, no. 5-6, pp. 553-560, 1998, doi: <https://www.jstor.org/stable/2666952>.

[36] S. R. Fahmy and D. A. Sayed, "Toxicological perturbations of zinc oxide nanoparticles in the *Coelatura aegyptiaca* mussel" *Toxicol. Indust. Health*, vol. 33, no. 7, pp. 564-575, 2017, doi: <https://doi.org/10.1177/0748233716687927>.

[37] B. Mansouri *et al.*, "Histopathological effects following short-term coexposure of *Cyprinus carpio* to nanoparticles of TiO₂ and CuO" *Environmen. Monit. Assess.*, vol. 188, no. 10, pp. 1-12, 2016, doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5579-6>.

[38] A. M. Abdelazim, I. M. Saadeldin, A. A.-A. Swelum, M. M. Affi, and A. Alkaladi, "Oxidative Stress in the Muscles of the Fish Nile Tilapia Caused by Zinc Oxide Nanoparticles and Its Modulation by Vitamins C and E" *Oxid. Med. Cell. Longev.*, vol. 2018, p. 6926712, 2018/04/05 2018, doi: <https://doi.org/10.1155/2018/6926712>.

[39] S. M. Taghavi *et al.*, "Effects of nanoparticles on the environment and outdoor workplaces" *Electronic. Physician*, vol. 5, no. 4, p. 706, 2013, doi: <https://doi.org/10.14661/2013.706-712>.

[40] F. Wang *et al.*, "Effects of nanoparticles on algae: Adsorption, distribution, ecotoxicity and fate" *App. Sci.*, vol. 9, no. 8, p. 1534, 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/app9081534>.

[41] L. Jiang, Q. Zhang, J. Wang, and W. Liu, "Ecotoxicological effects of titanium dioxide nanoparticles and Galaxolide, separately and as binary mixtures, in radish (*Raphanus sativus*)" *J. Environ. Manage.*, vol. 294, p. 112972, 2021/09/15/ 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112972>.

[42] M. Bundschuh *et al.*, "Nanoparticles in the environment: where do we come from, where do we go to?" *Environ. Sci. Euro.*, vol. 30, no. 1, pp. 1-17, 2018, doi: <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0132-6>.

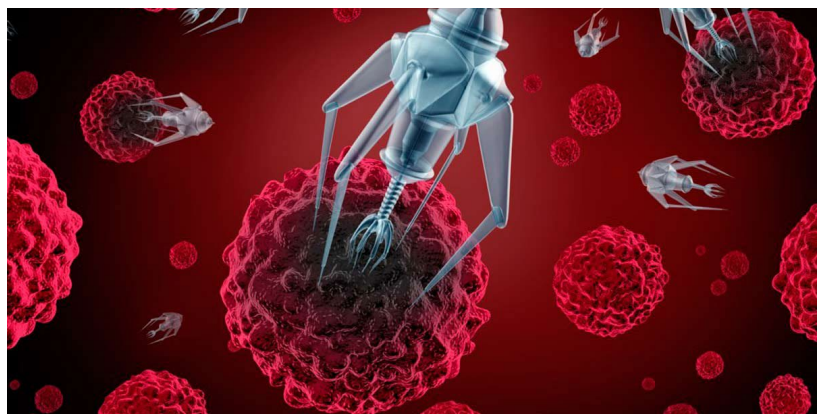
[43] R. Handy and R. Owen, "Formulating the problems for environmental risk assessment of nanomaterials" *Environ. Sci. & Tech.*, 2007, doi: <https://doi.org/10.1021/es072598h>.

[44] R. D. Handy, R. Owen, and E. Valsami-Jones, "The ecotoxicology of nanoparticles and nanomaterials: current status, knowledge gaps, challenges, and future needs" (in eng), *Ecotoxicology*, vol. 17, no. 5, pp. 315-25, Jul 2008, doi: <https://doi.org/10.1007/s10646-008-0206-0>.

[45] H.-J. Eom and J. Choi, "Oxidative stress of CeO₂ nanoparticles via p38-Nrf-2 signaling pathway in human bronchial epithelial cell, Beas-2B" *Toxicol. Lett.*, vol. 187, no. 2, pp. 77-83, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2009.01.028>.

Cómo citar este artículo:

Navarro Espinoza, S., Meza-Figueroa, D., Soto-Puebla, D., Castañeda, B., & Pedroza-Montero, M. (2021). NANOPARTÍCULAS: EFECTOS EN LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE. *EPISTEMUS*, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.166>



MODELO TRIDIMENSIONAL CON REALIDAD AUMENTADA PARA LA PROMOCIÓN DE LA CULTURA MAYA

*Three- dimensional model with augmented reality for the
promotion of the Maya culture*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Omar Sánchez Izquierdo ¹
Laura Beatriz Vidal Turrubiates ²
Wendi Matilde Santiago León ³

Recibido: 18 / 09 / 2021

Aceptado: 23 / 11 / 2021

Publicado: 23 / 11 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.177>

Autor de Correspondencia:
Laura Beatriz Vidal Turrubiates
Correo: laura.vidal@ujat.mx

Resumen

Las aplicaciones con realidad aumentada crean experiencias al usuario. El objetivo de esta investigación de corte cualitativo fue desarrollar una aplicación móvil de un modelo tridimensional con realidad aumentada para la promoción turística de la cultura Maya, midiendo las buenas prácticas de desarrollo mediante estándares antes del producto final. La aplicación se basa en la creación de modelos tridimensionales con realidad aumentada de las estructuras monumentales Mayas Chontales VI, VII, y VIII, de la Zona Arqueológica de Comalcalco, Tabasco en México. El proceso metodológico inició con el levantamiento exploratorio fotográfico e histórico, para la conversión de piezas tridimensional, se aplicaron técnicas de restauración digital para evaluar la aplicación a través la norma ISO/IEC 25000 SQuaRE. La evaluación de la calidad empleó técnicas establecidas al realizar pruebas del prototipo experimental, a través de métodos estadísticos se elaboró un análisis de datos porcentuales para la comprensión de los resultados de las pruebas.

Palabras clave: Estructuras tridimensionales, realidad aumentada, calidad de software, cultura Maya Chontal y patrimonio cultural e histórico.

Abstract

Applications with augmented reality create user experiences. The objective of this qualitative research was to develop a mobile application of a three-dimensional model with augmented reality for the tourist promotion of the Mayan culture, measuring good development practices through standards before the final product. The application is based on the creation of three-dimensional models with augmented reality of the Mayan monumental structures Chontales VI, VII, and VIII, of the Archaeological Zone of Comalcalco, Tabasco in Mexico. The methodological process began with the photographic and historical exploratory survey, for the conversion of three-dimensional pieces, digital restoration techniques were applied to evaluate the application through the ISO / IEC 25000 SQuaRE standard. The quality evaluation used established techniques when testing the experimental prototype, through statistical methods, an analysis of percentage data was developed to understand the results of the tests.

Keywords: Three-dimensional structures, augmented reality, software quality, Chontal Maya culture and cultural and historical heritage.

¹ Omar Sánchez Izquierdo, Egresado de la Licenciatura en Informática Administrativa, División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México, omarizquierdo41@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6757-6096>.

² *Laura Beatriz Vidal Turrubiates, Doctorado en educación, Postdoctorado en Innovación y calidad educativa. División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México, laura.vidal@ujat.mx, <https://orcid.org/0000-0001-6762-8140>.

³ Wendi Matilde Santiago León, Doctorado en educación, División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México, wendi.santiago@ujat.mx, <https://orcid.org/0000-0002-1154-675X>





INTRODUCCIÓN

En México, el predominio cultural prehispánico de la cultura Maya, fue de gran importancia para su tiempo y época. Con características económicas predominantes, se clasificaron como Mayas-Chontales del periodo 700 a. C. al año 900. Entre las actividades que resaltan en la época se encuentran los eventos cívicos-religiosos y culturales. Una de las ciudades que destaca es la ciudad de Comalcalco, ubicada en Tabasco, al sur de México [1]. Su apogeo se produjo durante el Clásico Tardío, cuando la ciudad era conocida como Joy'Chan y poseía un glifo emblemático que reflejaba la importancia geográfica política local. La ciudad fue erigida en una llanura aluvial cerca de la costa en el Golfo de México, un lugar estratégico lleno de recursos naturales. La arquitectura inicial creada por los mayas que utilizaron tierra compactada cubierta de estuco como una masa yeso blanco con polvo de mármol; la segunda etapa se erigió con mampostería de ladrillo de barro, una característica que lo hace único en Mesoamérica [2].

Como parte de los asentamientos mayas la zona arqueológica de Comalcalco, fue descubierta por Desiré Charnay en 1980. El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), inició los trabajos de difusión del patrimonio arqueológico, antropológico, histórico y paleontológico de la zona, para el fortalecimiento de la identidad y la memoria cultural de la sociedad [3]. De esta manera el INAH, determina que el patrimonio



cultural e histórico tiene una estrecha relación con el turismo, como centros históricos de la cultura Maya. En México existen muchas otras culturas según el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI) [4]. Esta investigación, centra el caso de la Zona Arqueológica de Comalcalco, Tabasco en México, el cual, es un sitio arqueológico maya ubicado en medio de los llanos aluviales de Tabasco durante el periodo Clásico Tardío entre 500 / 600-900 d. C. [5].

La difusión turística local, nacional e internacional cada vez requieren de mejores estrategias para la afluencia de los visitantes. La asistencia a la zona arqueológica de Comalcalco en Tabasco, para verano de 2017 alcanzó cifras de turistas nacionales y extranjeros que cuantificaron un total de 11 mil 380 personas mientras que en 2016 en mismas fechas captaron 10 mil 162 [6]. Se aprecia una diferencia de 1924 visitantes, con el 15.91% de aumento en la afluencia turística alcanzado para el 2017. Otros años como el 2018 durante el equinoccio de primavera se redujo el número de visitantes en las festividades, reportándose cerca de 250 personas, mientras en años anteriores la cifra era superior a 5 mil, siendo el año con mayor desplome de visitas [7].

A partir de 2020, empieza una decadencia que impacta la asistencia a los museos, galerías y centro de investigación culturales e históricos, debido a la situación de la pandemia por Covid-19, donde la zona arqueológica de Comalcalco no fue la excepción, por lo tanto, se vio afectada con la restricción y cierre a las zonas arqueológicas. Debido al



incremento de casos positivos por Covid-19 fue necesario restringir las actividades recreativas [8]. La Revista Forbes, señala que el cierre por la pandemia al sector ha provocado las restricciones a la investigación a nivel antropológico, además es limitado el acceso al turismo por las diversas olas de contagios [9].

Con la situación actual, surge la necesidad de buscar estrategias para impulsar el desarrollo turístico como parte del patrimonio cultural e histórico de los museos a través de innovaciones virtuales, didácticas e interactivas utilizando tecnologías emergentes, que sean de atractivo para los usuarios a los museos de zonas arqueológicas. Una de las opciones estratégicas para la divulgación de los museos, es sin duda alguna, la virtualización de las zonas arqueológicas, así como las piezas que estos sitios incluyen mediante el uso de modelos tridimensionales.

Un complemento adicional de la virtualización tecnológica es la realidad aumentada que en conjunto con los modelos tridimensionales son herramientas innovadoras utilizadas por los centros antropológicos, museos y zonas arqueológicas para lograr mayor afluencia de los turistas [10].

En un estudio sobre las nuevas tecnologías aplicadas

al turismo, centran la utilización de una nueva herramienta tecnológica móvil de gran potencial para el sector, la realidad aumentada cubre ciertas necesidades que el turista pueda tener como una estrategia de mejora para la promoción de los destinos turísticos [11].

Por otro lado, G. F. Díaz, et al. [12] señala que la investigación financiada por el programa "Avanza Contenidos de Interés Social" del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, tuvo como objetivo el desarrollo de una aplicación digital interactiva basada en las tecnologías de información y comunicación (TIC) para posibilitar la difusión, el conocimiento del arte y la cultura de forma interactiva.

México es un país multicultural, que necesita de estrategias para el interculturalismo y la educación patrimonial que favorezcan las relaciones y la permeabilidad. Los museos virtuales buscan ser una herramienta para crear relaciones, donde el vínculo sea el visitante por la cultura e historia, lo cual se expresa a través del patrimonio, es decir, se trata de construir museos virtuales que logren comunicar una cultura determinada [13].

DESCRIPCIÓN DE LA INNOVACIÓN CON REALIDAD AUMENTADA

Con el surgimiento de las tecnologías emergentes como la realidad aumentada, para dar solución a las estrategias turísticas, se desarrolló una aplicación móvil para la zona arqueológica de Comalcalco, Tabasco en México, el cual es una aplicación didáctica que tiene la finalidad de mostrar la realidad aumentada y las estructuras monumentales tridimensionalmente (3D) de los templos mayas VI, VII y VIII ubicados en la zona arqueológica.

Con la creación del software se logró la restauración digital de las estructuras modeladas tridimensionalmente y se aplicaron técnicas de realidad aumentada, a través de disparadores o etiquetas inteligentes para la visualización de las imágenes. La interacción del software de aporte al



usuario, permitió conocer la descripción de los templos arqueológicos con información histórica de la cultura maya como un atractivo alternativo para los turistas.

METODOLOGÍA

Esta investigación, cuenta con una metodología fusionada, basado en el modelo prototipado [14] y la metodología Meduc_AR [15]; como resultado de la fusión de las metodologías [16] se logró la ventaja de reconstruir digitalmente las piezas originales, lo cual, es una contribución en términos de conservación y detalle para convertirlas en estructuras tridimensionales con

realidad aumentada. Con la construcción del prototipo, se logró el uso de los modelos para llegar a un mayor número de visitantes virtuales, al digitalizar las estructuras arqueológicas.

La aplicación fue desarrollada con base en cinco fases como son: análisis y determinación de los requerimientos; diseño y desarrollo; implementación; pruebas y evaluación del prototipo; finalmente implantación. La investigación de corte cualitativo se conformó por la fusión metodológica. Se muestra fusión metodológica conformada por cinco etapas, ver figura 1.

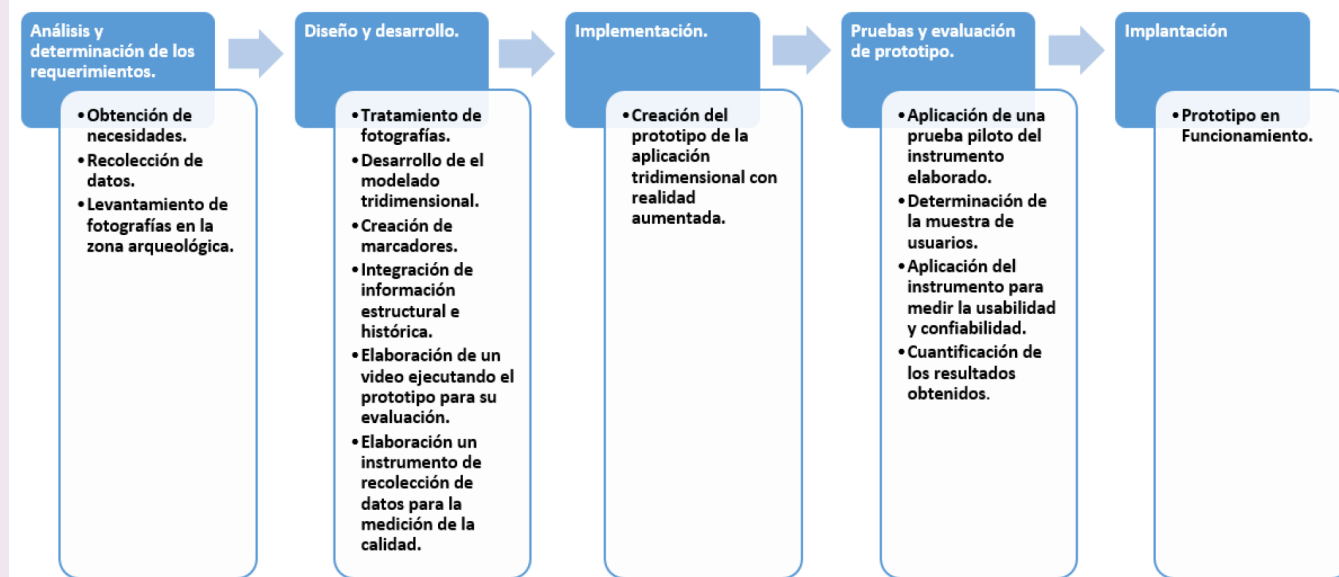


Figura 1: Fusión metodológica conformada por cinco etapas.



DESARROLLO METODOLÓGICO

El proceso de desarrollo metodológico fue basado en un modelo sustractivo, con la idea clave de aplicar tecnologías emergentes para la construcción del modelo tridimensional, divididos en capas de imágenes, colocadas una sobre otra, hasta completar el modelo de realidad aumentada.

La metodología inició con la fase de análisis y determinación de los requerimientos, para ello, se

identificaron las oportunidades de innovación haciendo una investigación exploratoria a través de los permisos obtenidos por el INAH; con base en la situación y los datos obtenidos, se determinaron las necesidades y procesos para el desarrollo del software, a través del levantamiento fotográfico de los templos VI, VII y VIII de la zona arqueológica. Ver figura 2.



Figura 2: Templos a, b y c.

Por otro lado, la fase de diseño y desarrollo para el modelado tridimensional, contempló el proceso de restauración digital, para ello se emplearon herramientas de software como Blender de licencia libre, el cual permitió el modelado de la arquitectura monumental con la aplicación de texturas y animaciones en las estructuras; posteriormente se llevó a cabo el seguimiento de la integración de marcadores como identificadores de realidad aumentada para lograr la inserción de la estructura tridimensional. Como se muestra en el modelado de las estructuras, texturas, animación y marcador. Ver figura 3.

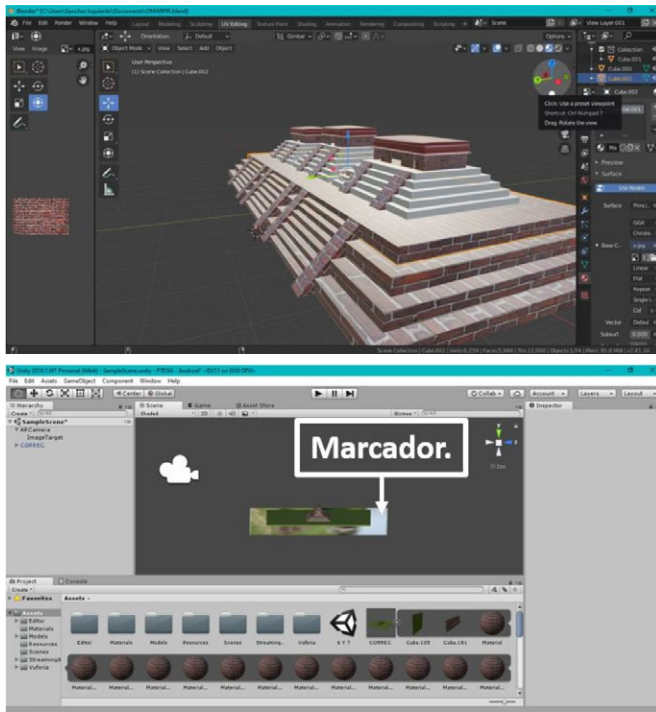


Figura 3: Modelado de las estructuras, texturizado, animación y marcador.

En la figura 3 igual se muestra la aplicación del texturizado del monumento arqueológico y la animación que consistió en que la estructura girara 360 grados sobre el mismo punto.

Posteriormente, se continuó con la tercera fase denominada implementación, que integró lo realizado en la segunda fase, donde surge un prototipo de la aplicación para ser sometida a pruebas.

Realizada la construcción del modelo tridimensional y la inserción de la realidad aumentada, la cuarta fase de pruebas y evaluación del prototipo, permitió verificar la calidad del software con normas certificadas por ISO/IEC 25000 SQuARE para lograr la medición de las pruebas. Como primera etapa de la evaluación, fue necesario identificar un número específico de personas de la muestra, basado en la población de estudio determinada por la fórmula estadística (a). En esta sección, se muestra la

determinación de la población de estudio con la siguiente fórmula.

$$n = \frac{z^2 pq N}{(N-1)d^2 + z^2 pq} \quad \dots \quad (a)$$

- n= tamaño de la muestra= 95 Visitantes
- N= tamaño de la población= 11,380 visitantes
- z=nivel de confianza= (95%---z=1.96)
- p= probabilidad de éxito= 0.5
- q= probabilidad de fracaso= 0.5
- d= margen de error= (0.10)

La fórmula (a), permitió determinar el número de personas encuestadas, el cual corresponde a una muestra obtenida de n = 95 personas, correspondiente a la población de estudio N. Tomando en cuenta un reporte de visitantes en el año 2017 a la Zona Arqueológica de Comalcalco recibió a 11 mil 380 personas [6], tomando como punto de partida esta cantidad para la muestra de la población. Como segunda etapa, se elaboró un video ilustrativo del funcionamiento de la aplicación móvil. El video muestra la aplicación prototipo en modo ejecución, así como su función narrativa. Se muestra el video funcional del prototipo de las pruebas. Ver figura 4.

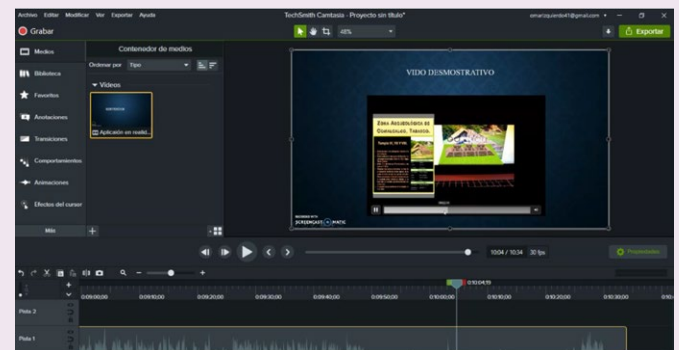


Figura 4: Video funcional del prototipo para las pruebas.

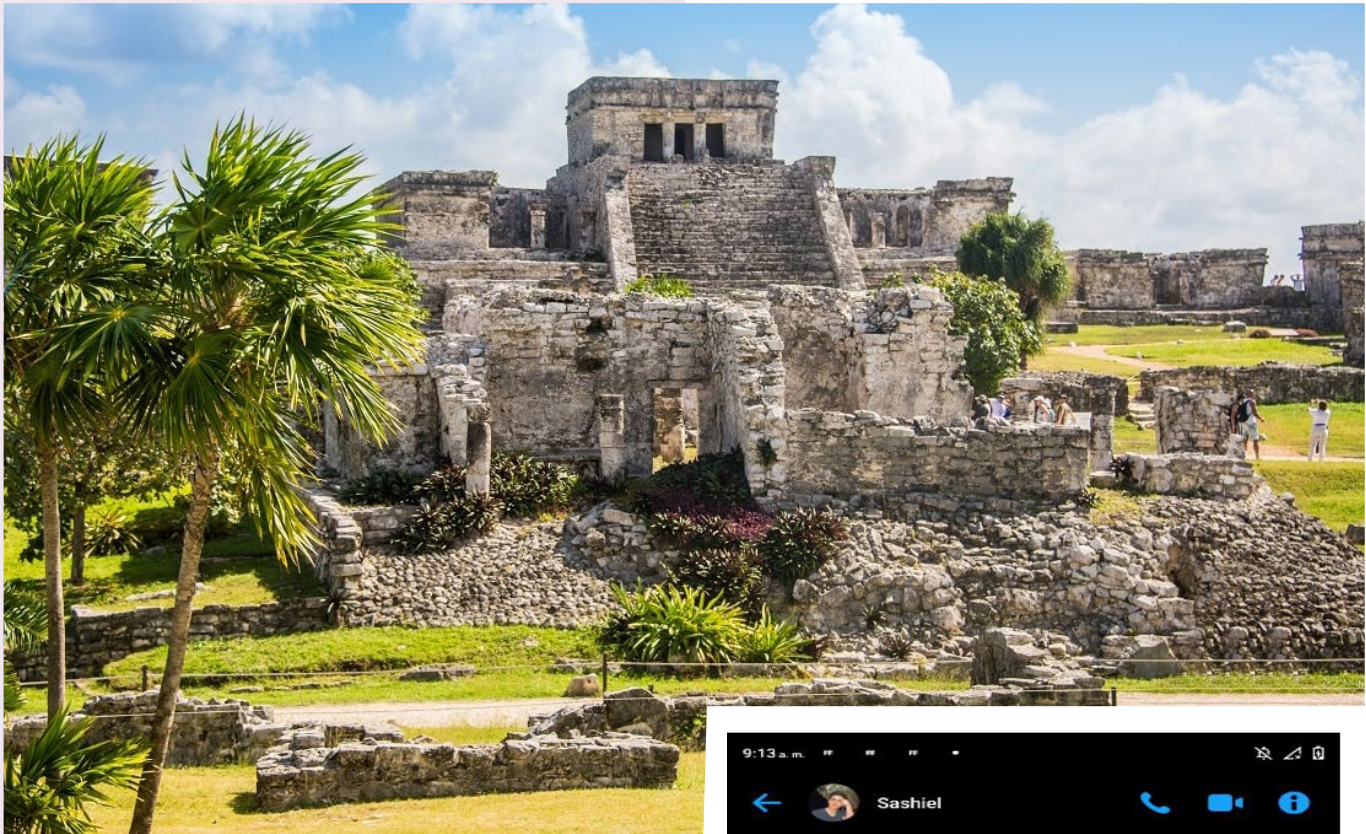
Para lograr la tercera etapa de evaluación, fue necesario crear un instrumento de recolección de la información para la obtención de los datos, así mismo, se realizó el análisis estadístico, se elaboraron gráficas de las proyecciones de la evaluación y se interpretaron los resultados a través de un dictamen de calidad de software.

Elaboración de un instrumento de recolección de datos para la medición de la calidad.

Se elaboró un cuestionario para medir la usabilidad, así como la confiabilidad, ambas con la finalidad de medir la calidad de la aplicación, el instrumento para la recolección de los datos fue aprobado por expertos en el área de calidad de software de acuerdo a la norma ISO/IEC 25000 SQuARE.

Pruebas y evaluación del prototipo.

En esta etapa de pruebas, la evaluación del prototipo



de software se basa especialmente en la medición de la calidad, para ello se hizo un proceso de cuatro fases como: la aplicación de una prueba piloto del instrumento elaborado, la aplicación del instrumento para medir la usabilidad – confiabilidad, la cuantificación de los resultados obtenidos y el dictamen de calidad de software; los cuales, lograron la obtención de los resultados.

Aplicación de una prueba piloto del instrumento elaborado.

Con la finalidad de probar, así como de verificar que el instrumento elaborado fuese el correcto, de fácil interpretación para la población de estudio, el instrumento fue sometido a una prueba piloto, aplicando el instrumento a 20 personas capaces de evaluarlo.

Aplicación del instrumento para medir la usabilidad - confiabilidad.

Para evaluar la usabilidad y confiabilidad, se aplicó el cuestionario por medio de la plataforma Google formularios. La aplicación a la muestra fue a través de la plataforma Facebook. Se inició, con la selección de los candidatos que cumplieran con ciertas características, tales como: ser mayor de edad, haber ido al menos una vez a la Zona Arqueológica de Comalcalco, entre otras; posteriormente, se les envió una descripción de la forma de evaluación, agregando el link del cuestionario y el link del video de la aplicación a evaluar. Ver figura 5.

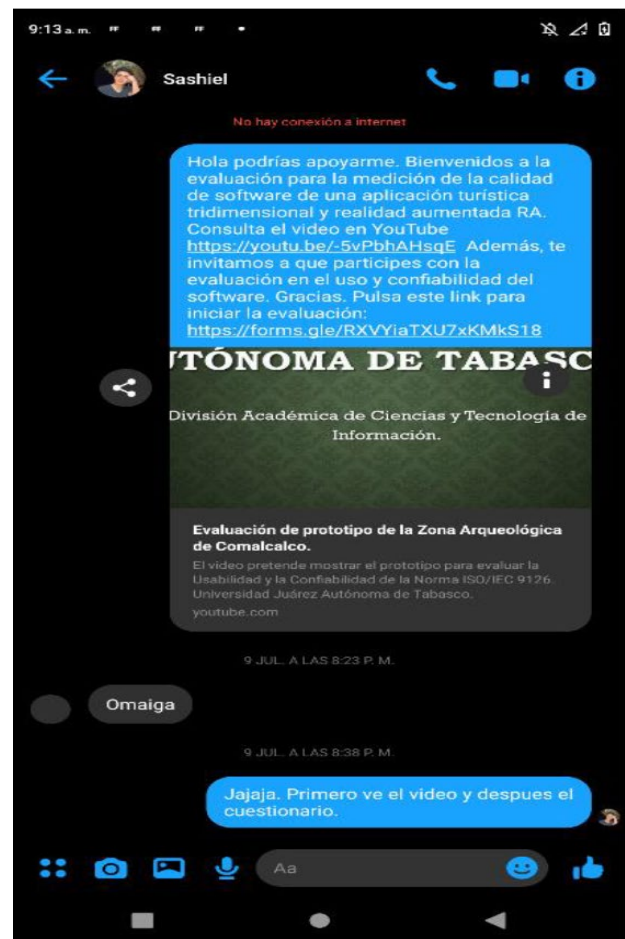


Figura 5: Envío del Cuestionario y video usuario 1.

Cuantificación de los resultados obtenidos.

La interpretación de los resultados estuvo basada en 16 ítems, 8 ítems enfocadas a usabilidad y los otros 8 enfocadas a la confiabilidad, a continuación, se presentan cuatro resultados gráficos para representar la usabilidad y confiabilidad. Los resultados obtenidos son representativos de la población con una muestra de 95 usuarios, los cuales se estimaron anteriormente.

Gráficas representando la medición de la calidad de usabilidad.

A continuación, se presentan dos gráficas que incorporan la medición de la calidad de usabilidad del prototipo de software. En la interpretación de la pregunta no. 1, relacionada a la distribución de los elementos estructurales de la aplicación, los encuestados opinaron. Ver gráfico 1.

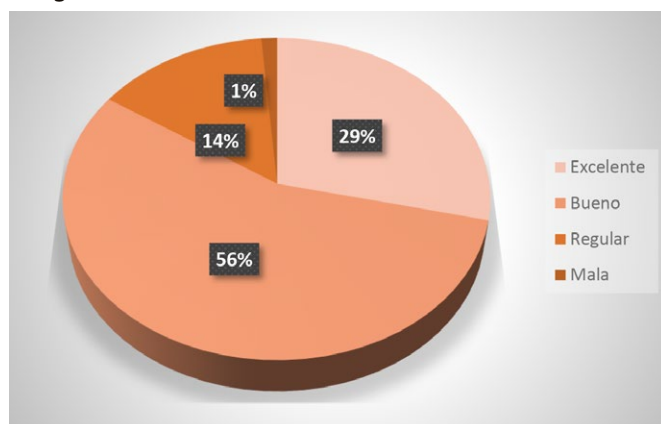


Gráfico 1: La distribución de los elementos estructurales de la aplicación.

En el Gráfico 1, se clasificó en cuatro variables como: excelente, bueno, regular y malo, la ponderación señala que el 56% de los encuestados considera que la distribución de los elementos estructurales de la aplicación es buena, mientras que el 29% lo considera excelente, el 14% considera regular la distribución de los elementos y el 1% lo considera malo.



Por otro lado, la interpretación de los resultados por parte de los usuarios de ¿Considera el recorrido en la aplicación realizable?, se puede identificar en el gráfico 2.

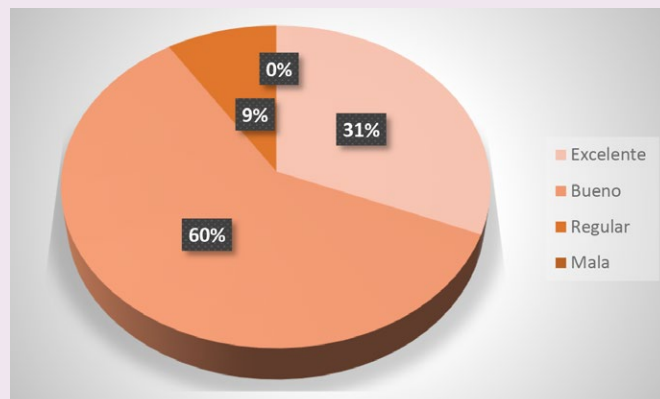


Gráfico 2: ¿Considera el recorrido en la aplicación realizable?

En el Gráfico 2, se puede analizar la escala de las variables utilizadas en la evaluación como: excelente, bueno, regular y malo. Como resultado de la interpretación se obtuvo que el 60% de los encuestados considera bueno el recorrido de la aplicación, mientras que el 31% lo considera excelente, quedando el 9% que lo considera regular, y un 0% en la variable malo.

Gráficas representando la medición de la calidad de confiabilidad.

Continuando con la segunda sub métrica, se presentan dos graficas que incorporan la medición de la calidad de confiabilidad del prototipo de software. En el Gráfico 3, se puede apreciar que la métrica de confiabilidad con respecto a medición de la calidad de acuerdo a la ¿Cuál es la opinión, en cuanto a la relación del usuario y la aplicación?, se puede observar en el Gráfico 3.

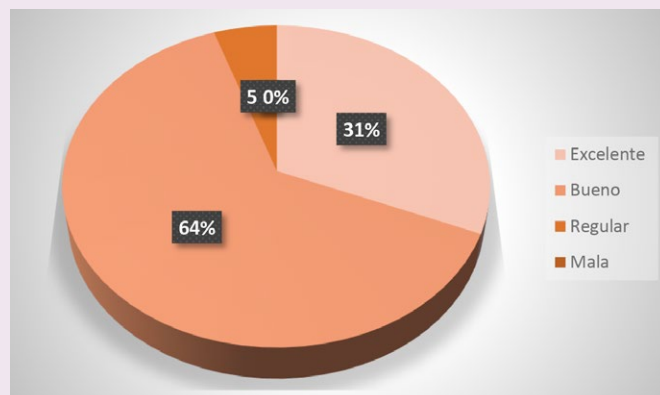


Gráfico 3: ¿Cómo está la velocidad de funcionamiento de la aplicación, considerando la tarea que realiza?

Con variables de: excelente, bueno, regular y malo. En el Gráfico 3, se obtuvo que el 64% de los encuestados



considera que la velocidad de funcionamiento de la aplicación es buena, mientras que el 31% lo considera excelente, quedando que el 5% lo considera regular y el 0% malo.

Finalmente, se observa la siguiente medición ¿La ejecución de tareas (hacer clic en botones, seleccionar opciones, etc.) sigue un estándar a lo largo de la aplicación?, el cual está interpretada por el Gráfico 4.

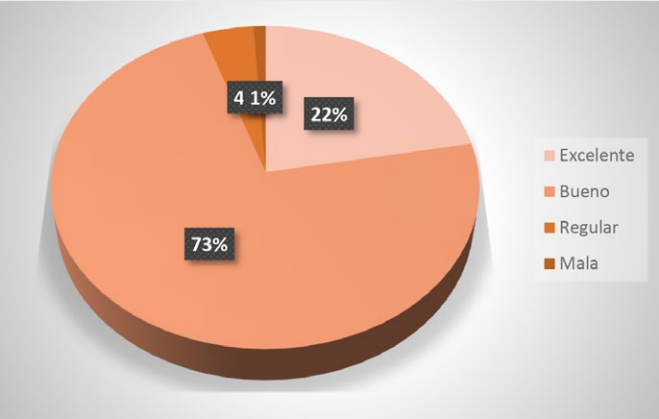


Gráfico 4: ¿La ejecución de tareas (hacer clic en botones, seleccionar opciones, etc.) sigue un estándar a lo largo de la aplicación?

Como resultado de la interpretación la escala de variables se identificó por: excelente, bueno, regular y malo. En el Gráfico 4. Se obtuvo que el 73% de los encuestados

consideran que la ejecución de tareas de la aplicación sigue un estándar bueno, así como el 22% lo considera excelente, mientras que el 4% lo considera regular y un 1% lo considera malo.

Dictamen de calidad de software

Los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento de evaluación para la medición de la calidad del software, basándose en la usabilidad - confiabilidad son los siguientes: se manejaron cuatro variables para la cuantificación de los resultados entre ellos: excelente, bueno, regular y malo. Se categorizan de la siguiente forma: excelente y bueno corresponden al rango de “adecuado”, mientras que regular y malo corresponden a “inadecuado”, esto para que las respuestas fuesen equilibradas.

A continuación, se presentan dos dictámenes generales, uno referente a los ocho ítems de usabilidad, que determina el rango en el que se mantuvo cada variable: excelente, bueno, regular y malo, posteriormente el dictamen de los ocho ítems de confiabilidad, de igual forma el rango que mantuvieron las variables, utilizando como rango el mínimo y el máximo en cada caso.

Los resultados para el dictamen de calidad en usabilidad, se analizó lo siguiente. Los elementos de interpretación para la usabilidad, determinaron que la variable excelente ponderó un total máximo del 39% en opinión general del total de los encuestados y un total del valor mínimo del 13%; en la variable bueno el resultado de las gráficas obtuvo un 65% como máximo y un mínimo



de 48%; de la variable regular en las gráficas se obtuvo un máximo del 29% y un mínimo del 4%, y finalmente en la variable malo en las gráficas se obtuvo un máximo del 1% y un mínimo de 0%.

Como resultado de calidad de la métrica confiabilidad se obtuvo lo siguiente: En las gráficas de confiabilidad la variante excelente obtuvo un máximo del 32% y un mínimo del 17%, en la variante bueno de las gráficas se obtuvo el máximo de 73% obteniendo un mínimo del 52%, en la variante regular se obtuvo un máximo del 21% obteniendo un mínimo del 4%, y en la variante malo se obtuvo un máximo del 1% y un mínimo del 0%.

De lo anterior se responden a las siguientes preguntas:

¿La aplicación es de uso adecuado? Con los resultados mostrados anteriormente, se obtuvo un porcentaje favorable alto que demostró que la aplicación es de uso adecuado para los usuarios.

¿La aplicación es confiable? De la misma manera los resultados demostraron que la aplicación si es confiable para los usuarios de la zona arqueológica.

La evaluación fue realizada con la finalidad de evaluar la calidad de la aplicación prototipo, demostrando que cuenta con el 85.37% de calidad en usabilidad por parte de los usuarios y un porcentaje del 88.13% de calidad en confiabilidad por parte de los usuarios de la aplicación móvil de piezas tridimensionales con realidad aumentada para la zona arqueológica de Comalcalco, Tabasco, México.

Se analizaron los resultados de los ítems con alto porcentaje en la categoría inadecuado (regular y malo) en la encuesta, se obtuvo un 14.63% inadecuado en usabilidad, y un 11.87% de inadecuado en confiabilidad, con estos resultados se identificaron las áreas de oportunidad donde se podría mejorar la aplicación. A continuación, se muestran.

Cantidad extensa en la distribución de elementos estructurales. La forma en que se percibe la distribución de los elementos en una aplicación siempre será un factor que depende del tipo de usuarios, las personas capaces de manejar aplicaciones complejas siempre prefieren software con características avanzadas, en el caso de usuarios con experiencia baja tomaran las interfaces fáciles, con el mínimo de elementos estructurales de aprendizaje.

Desarrollar una interfaz que cuente con claridad, precisión, sencillez, flexibilidad, atractivo visual entre otros puntos, así se lograra que el usuario una conexión real con la aplicación.

Nivel de rendimiento en la aplicación. El manejo de la realidad aumentada en una aplicación móvil requiere cierta capacidad definida en memoria, el procesador y la RAM dependiendo de la complejidad del software o de las necesidades del usuario, son aspectos que afectan la ejecución de la aplicación. Desarrollo de una actualización donde se elimine la redundancia de los datos mejorando interacción entre el usuario y la interfaz ayudara el rendimiento en el dispositivo móvil.

IMPORTANCIA E IMPACTO DEL ESTUDIO.

La etapa final de implantación, consistió en la instalación de una aplicación de software desarrollada para la visualización de los modelos tridimensionales con realidad aumentada; la aplicación en formato APK permitió la instalación y ejecución para el uso a través dispositivos móviles con sistema operativo Android, con calidad en usabilidad y confiabilidad demostrada por la evaluación de calidad de software. En la figura 6, se muestra la interfaz y el ícono de la aplicación en el funcionamiento a través



Figura 6: Aplicación en funcionamiento a través del dispositivo móvil.

La importancia del desarrollo, así como la evaluación de la aplicación didáctica educativa, se identificó en el proceso que determina los atributos o errores que la aplicación presentó en el funcionamiento. La aplicación presentada al público pasó por un proceso de revisión para la evaluación por métricas, que garantizaron la calidad del producto.



CONCLUSIÓN

La aceptación del software por parte de los usuarios hace que su uso sea factible y estratégico para el aporte cultural e histórico de la cultura maya.

En esta investigación, se utilizaron los modelos tridimensionales en conjunto con la realidad aumentada, lo cual, permitirá la difusión para la conservación de la cultura maya de la Zona Arqueológica Comalcalco, Tabasco. Con la Implantación del proyecto de software en el sitio, la presentación en la zona arqueológica será una experiencia apoyada por la innovación tecnológica y la virtualidad del recorrido, logrando conjuntar una experiencia completa apoyado por la historia y la cultura para comprender las estructuras monumentales del sitio arqueológico.

La calidad de software resultante y analizada en la investigación, fue evaluada a través de métricas de calidad por medio del estándar ISO/IEC 25000 SQuARE, que permitió la creación del instrumento para la medición de los ítems aplicados. Se pudo observar que la aplicación al ser evaluada por métricas de calidad aportó un elevado nivel de calidad en usabilidad 85.37% y confiabilidad del 88.13% a favor en la implantación final, lo cual aporta elementos para la creación de mejoras evitando fallas futuras.

En esta investigación agradece al Instituto Nacional de Antropología e Historia y a la zona arqueológica de Comalcalco, Tabasco en México, por permitir realizar los aportes con fines de investigación y contribuir en las estrategias de innovación y desarrollo tecnológico para el proyecto de los "Museos virtuales de Tabasco", contribución para el sector turístico en conjunto con los objetivos de impacto de la mejora del patrimonio cultural e histórico de México.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. M. Piñerúa. (2011, Diciembre 9). Antropología y ecología UPEL. Recuperado de: <http://antropologiyecologiaupel.blogspot.com/2011/12/cultura-maya.html>
- [2] G. M. J. Gallegos, & T. R. Armijo, "Comalcalco la ciudad Maya de ladrillos: descubriendo su pasado y la conservación de su futuro". Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. restaura archeologico. 2017.
- [3] M. K. Ayala, A. I. S. Cantero, & A. S. Morales. (2009). Conocimientos Básicos del INAH. Instituto nacional

de Antropología e Historia. Gobierno Digital. [Online]: https://gobiernodigital.inah.gob.mx/Proyectos/servicio_profesional_carrera/temp/conocimientos_basicos_INAH.pdf

- [4] INPI, (2020). Atlas de los pueblos indígenas de México. Instituto Nacional de los pueblos indígenas. [online]: <http://atlas.inpi.gob.mx>
- [5] T. R. Armijo, "La investigación integral del INAH en Comalcalco de 1993 a 2018". Mundo Nuevo. Open Edition Journals. 2018.
- [6] R. J. Hernández. (2017, Agosto 18). Las ruinas de Comalcalco de las más visitadas durante las vacaciones de verano. Diario Presente. [Online]: <https://www.diariopresente.mx/tabasco/las-ruinas-de-comalcalco-de-las-mas-visitadas-durante-las-vacaciones-de-verano-197790#:~:text=De%20acuerdo%20al%20Instituto%20Nacional,los%20mejores%20atractivos%20de%20Tabasco>
- [7] Alex. (2018, Febrero 23). Pocos visitantes a las ruinas de Comalcalco. Diario de Tabasco. [Online]: <https://www.diariodetabasco.mx/comunidad/2018/03/23/visitantes-a-las-ruinas-comalcalco/>
- [8] O. V. Pérez. (2021, Enero 22). Tabasco Continúa en semáforo naranja con riesgo de volver a rojo. Revista de Transporte y Turismo. [Online]: <https://www.tyt.com.mx/nota/tabasco-continua-en-semaforo-naranja-con-riesgo-de-volver-a-rojo>
- [9] Y. De La Rosa. (2021, Julio 13). México lleva 4 semanas con tercera ola de Covid-19: Ssa. Forbes México. Recuperado de: <https://www.forbes.com.mx/mexico-4-semanas-tercera-ola-covid-salud/>
- [10] A. M. T. Fernández, & M. R. "Cuadrado El impacto de las nuevas tecnologías en el sector turístico: aplicación de la realidad aumentada al turismo cultural". International journal of world of tourism, 1 (2), 10-18. (2014).
- [11] A. M. A. García-Prieto, & R. G. Sánchez, "Análisis de la aplicación de la realidad aumentada en el sector turístico: una propuesta de mejora". Gran Tour, (10), 5. (2015).
- [12] G. F. Díaz, P. J. Jiménez, B. A. Barreda, R. B. Asensi, J. J. Hervás. "Modelado 3D para la generación de patrimonio virtual 3D modeling for the generation of virtual herita". Virtual Archeology Review. España. 2015.
- [13] G. García, "Repensando el Museo Virtual. La creación de museos virtuales comunitarios" (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM) Ciudad de México, México. 2014. Recuperado de: <https://www.aacademica.org/guadalupe.garcia.cordova/2>
- [14] EcuRed contributors. (2019, Agosto 29). Modelo de prototipos. EcuRed. [Online]: https://www.ecured.cu/index.php?title=Modelo_de_prototipos&oldid=3532289.
- [15] N. R. Cáceres, A. C. Tolaba, M. P. Gálvez, N. M. H. Flores, and E. E. Hinojosa "Metodología para el desarrollo de aplicaciones con RA en educación (MEDUC_AR" In XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020, El Calafate, Santa Cruz).
- [16] J. A. T. de la Cruz, L. B. V. Turrubiates "Modelado en 3D de flores tropicales como estrategia de comercialización internacional, caso: Heliconia". Mercados Industriales. Marketing e innovación (pp. 86-93) Primera edición 2019. ISBN 978-607-606-527-3. Villahermosa Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Cómo citar este artículo:

Sánchez Izquierdo, O., Vidal Turrubiates, L. B., & Santiago León, W. M. (2021). MODELO TRIDIMENSIONAL CON REALIDAD AUMENTADA PARA LA PROMOCIÓN DE LA CULTURA MAYA. EPISTEMUS, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.177>

REPROGRAMACIÓN DEL SPLICING ALTERNATIVO DE GENES ASOCIADOS A CÁNCER DE MAMA

*Reprogramming of alternative splicing of genes
associated with breast cancer*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Kate Ariadna Rossano Gutiérrez ¹
Nancy Martínez Montiel ²
Maricruz Anaya Ruiz ³
Mayra Patricia Gaspariano Cholula ⁴
Rebeca D. Martínez Contreras ⁵

Recibido: 15 / 10 / 2021

Aceptado: 14 / 12 / 2021

Publicado: 17 / 12 / 2021

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.186>

Autor de Correspondencia:

Dra. Rebeca D. Martínez Contreras

Correo: rebeca.martinez@correo.buap.mx

Resumen

El splicing alternativo es un proceso que modula la expresión génica y contribuye en la diversidad proteica. Sin embargo, se han observado que alteraciones en el splicing alternativo de algunos genes promueve el desarrollo de isoformas oncogénicas en cáncer de mama. Debido a que el cáncer de mama es la neoplasia más frecuente en mujeres y la primera causa de muerte por cáncer. El presente trabajo analiza la expresión de isoformas involucradas en la progresión tumoral y considera ideal el uso de oligonucleótidos antisentido como tratamiento contra cáncer de mama. La información revela que la desregulación de los genes BirC5 y KLF6 se asocia a la inhibición de la muerte celular y metástasis. Además, la existencia de terapias que utilizan oligonucleótidos antisentido es una realidad, tal es el caso del tratamiento utilizado en la atrofia muscular espinal, que ha brindado excelentes resultados a los pacientes que sufren de esta enfermedad.

Palabras clave: Splicing, cáncer mamario, oligonucleótidos antisentido.

Abstract

Alternative splicing is a process that modulates gene expression and contributes to protein diversity. However, alterations have been observed that harm alternative splicing and promote the development of oncogenic isoforms in breast cancer. Breast cancer is the most common neoplasm in women and the leading cause of death from cancer. This paper analyzes the expression of isoforms involved in tumor progression and the use of antisense oligonucleotides as a treatment for breast cancer. The information reveals that the deregulation of the BirC5 and KLF6 genes is involved in tumor progression and invasion, inhibition of cell death, and metastasis. In addition, antisense oligonucleotide therapies are reported, which re-establish alternative splicing of genes involved in spinal muscle atrophy, pancreatic cancer, colon cancer, and glioblastoma.

Keywords: Splicing, breast cancer, antisense oligonucleotides.

¹ Licenciada en Biomedicina, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Puebla, Puebla, México, kate.rossanog@alumno.buap.mx, <https://orcid.org/0000-0002-7510-8636>

² Doctora en Ciencias, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Puebla, Puebla, México, nancy.martinez.montiel@usherbrooke.ca

³ Doctora en Ciencias, Centro de Investigación Biomédica de Oriente (CIBIOR), Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Metepec, Puebla, manaya19@yahoo.com.mx

⁴ Maestra en Ciencias, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Puebla, Puebla, México, mayra.gaspariano.90@gmail.com

⁵ Doctora en Ciencias, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Puebla, Puebla, México, rebeca.martinez@correo.buap.mx



INTRODUCCIÓN

La maduración del ARNm primario (pre-ARNm) consta de diferentes etapas: la adición de la CAP extremo 5', la poliadenilación y el *splicing* [1]. Particularmente, el *splicing* constitutivo es un proceso co-transcripcional de corte de intrones y empalme de exones. A diferencia del *splicing* alternativo, que tiene la capacidad de incluir exones, intrones o parte de ellos [2]. Además, se ha observado que el 95% de los genes humanos llevan a cabo este proceso, contribuyendo así a la diversidad proteica [3]. Sin embargo, las alteraciones durante el *splicing* alternativo se manifiestan en el desarrollo de enfermedades genéticas y cáncer [4]. El cáncer es una problemática de salud pública, debido a los niveles elevados de incidencia y mortalidad en el mundo. En México, el cáncer de mama es la primera causa de muerte por cáncer en mujeres [5], [6]. El cáncer de mama es un tumor maligno originado por el crecimiento desmedido de células mamarias, capaz de migrar e invadir tejidos lejanos [7]. Molecularmente, el *splicing* alternativo en cáncer de mama, se ha correlacionado con la progresión tumoral, debido a que favorece la angiogénesis, invasión y metástasis, además, altera el ciclo celular e inhibe la apoptosis [8]. Recientemente, se han reportado terapias que restablecen el *splicing* alternativo mediante el empleo de oligonucleótidos antisentido para el tratamiento de múltiples enfermedades. En este trabajo, analizamos la expresión de isoformas involucradas en la proliferación, invasión, transición epitelio-mesénquima e inhibición de la apoptosis y de actividades supresoras en cáncer de mama. Además, presentamos el uso de oligonucleótidos antisentido como futuro tratamiento contra cáncer de mama.

SPlicing ALTERNATIVO Y SU MECANISMO

El *splicing* alternativo (SA) es un proceso nuclear que participa en el desarrollo, diferenciación de la célula, regulando la expresión génica [4]. La diversidad proteómica está determinada por los diferentes eventos de SA que surgen como: la retención de intrones, salto de exón, uso de sitio de *splicing* alternativo 5', sitio de *splicing* alternativo 3' y exones mutuamente excluyentes (Fig.1) [9].

Este proceso es catalizado por un complejo multiproteico, llamado *spliceosoma*. El *spliceosoma* está conformado por las ribonucleoproteínas nucleares pequeñas (snRNP) U1, U2, U4, U5 y U6. Las snRNP son las encargadas de catalizar la eliminación de intrones y el empalme de exones, reconocen los sitios de *splicing* 5' y 3'. El SA es un mecanismo altamente regulado, que involucra a otras proteínas o factores en trans [2]. Estos factores comprenden a las proteínas SR (proteínas ricas repetidos de residuos arginina/ serina) y hnRNP's (proteínas ribonucleares heterogéneas) ambas son las responsables de activar y/o inhibir el SA, respectivamente [10]. Sin embargo, esto varía según su unión a elementos potenciadores de *splicing* intrónico (ISE), elementos potenciadores de *splicing* exónico (ESE), elementos silenciadores de *splicing* intrónico (ISS) y elementos silenciadores de *splicing* exónico (ESS), ya que la unión de las proteínas SR a la región ISS y ESS inhiben el SA [2], [3]. No obstante, las afectaciones en estas proteínas reguladoras también pueden alterar la actividad proteica y comprometer la integridad celular, lo que conlleva al desarrollo de diversas enfermedades, especialmente el cáncer de mama.



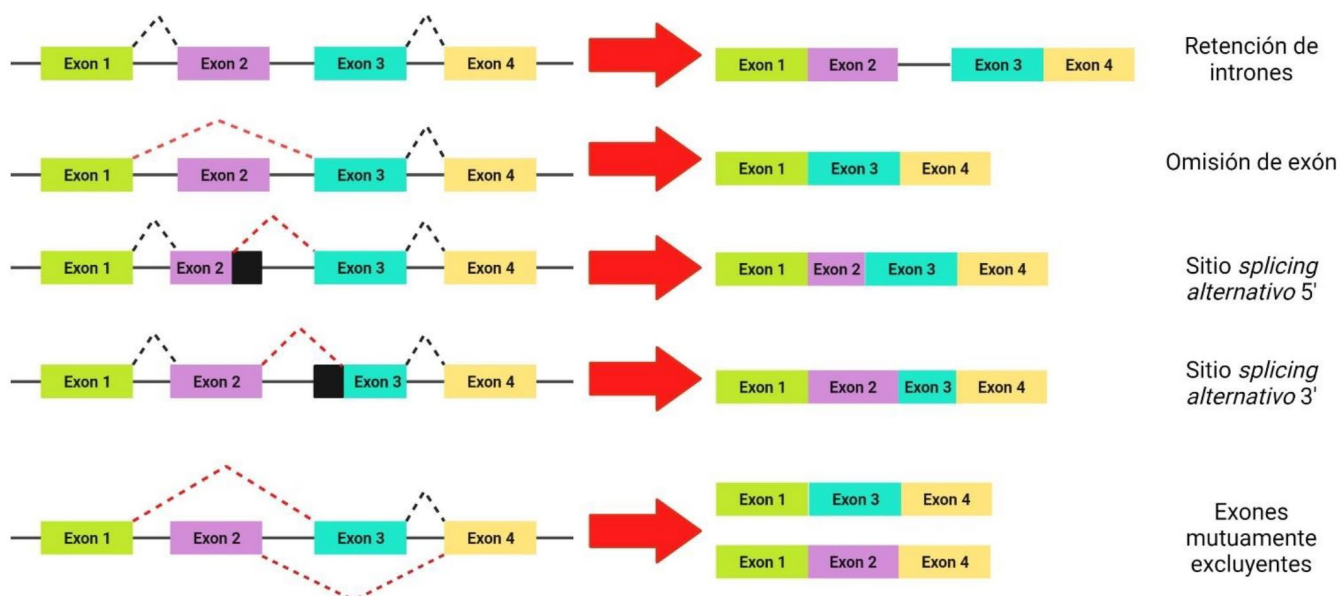


Figura 1. Tipos de *splicing* alternativo en ARNm. *El siguiente esquema muestra eventos de splicing alternativo que se presenta en el núcleo celular como: retención de intrones, salto de exón, sitio splicing alternativo 5, sitio splicing alternativo y exones mutuamente excluyentes.*



CÁNCER DE MAMA

El cáncer de mama es la neoplasia más frecuente en mujeres, sin embargo, no es exclusiva de este género ya que también se presenta en hombres. Este ha sido un problema de salud mundial ya que presenta una prevalencia del 15.4%[5].

El cáncer de mama es el crecimiento anormal de células epiteliales mamarias que ocurre dentro de los conductos, lóbulos y/o lobulillos mamarios[7], [11]. Curiosamente, la localización anatómica del tumor juega un papel importante, pues se le ha asociado con el grado de invasividad y la supervivencia del paciente; se ha observado que el desarrollo del tumor dentro de los conductos o lóbulos mamarios limita el crecimiento celular, aumenta la supervivencia del paciente y reduce la

reincidencia del cáncer; en cambio, las células tumorales que invaden la región ducto-lobulillar hacia el estroma, promueven la invasividad[11]. Existen cinco subtipos de cáncer de mama, los cuales se clasifican conforme a la expresión positiva o negativa del receptor de estrógeno (ER), receptor de progesterona (PR) y receptor del factor de crecimiento epidérmico (HER2)[1], [2], clasificándose en: 1) luminal A (ER+, PR+, HER2-), 2) luminal B (ER+, PR-, HER2- o ER+, PR+ / PR-, HER2+), 3) HER2 positivo (ER-, PR-, HER2+), 4) TNBC o triple negativo (ER-, PR-, HER2-) y 5) tumores de tipo normal[1], [2], [11]. Y cada uno tiene distintos pronósticos y respuestas a terapias[1], [2].

DESREGULACIÓN DEL *SPLICING* ALTERNATIVO EN GENES ASOCIADOS A CÁNCER DE MAMA

A pesar de la amplia regulación del SA, este puede verse gravemente afectado por mutaciones génicas, desarrollando isoformas oncogénicas e inhibidoras de la supresión de tumores. No obstante, el descubrimiento de estas isoformas ayuda en la detección de nuevos marcadores contra cáncer de mama y el descubrimiento de nuevas dianas terapéuticas.

ER (Receptor de estrógenos)

En cáncer de mama, ER α es un gen que expresa tres isoformas; ER α 66 (longitud larga), ER α 36 y ER α 46 (Fig.2) [12]. Cada una de ellas se distingue por la presencia de los dominios AF1 y AF2, encargados de regular la transcripción de ER[2], [13], [14]. Curiosamente, ER α 46 y ER α 66 presentan secuencias de aminoácidos similares que van desde la posición 174 a la 595[2]. Además, la expresión



esta inversamente correlacionada, es decir, cuando ER α 66 se expresa poco, ER α 46 se sobreexpresa[12]. Sin embargo, existen particularidades que las diferencian, ya que ER α 46 posee dos veces mayor afinidad al ligando, participando en la oncogénesis y resistencia a los fármacos[2], [13].

BRCA1 (Proteína de susceptibilidad a cáncer de mama tipo 1)

BRCA1 es un gen supresor de tumores, localizado en el núcleo y encargado de reparar el ADN por medio de recombinación homologa[2], [15]. BRCA1 expresa las isoformas BRCA1 FL (longitud larga), BRCA Δ 11 y BRCA Δ 11q, que se caracterizan por la inclusión/exclusión del exón 11, lo cual determina la localización de BRCA1(Fig.2)[15]. En diferentes tumores de cáncer de mama, se ha observado una sobreexpresión de BRCA Δ 11q y una reducción de BRCA1 FL[16].

DMTF1 (Factor de transcripción tipo Myb 1 de unión a ciclina D)

DMTF1 es un supresor tumoral activado por la vía RAS/ERBB2[17]. La presencia de la región homologa myb (MHR) distingue las variantes DMTF1 α , DMTF1 β y DMTF1 γ . DMTF1 α es la isoforma larga que posee actividad supresora de tumores[18]. DMTF1 β y DMTF1 γ son las variantes más cortas, ya que presentan una reducción de MHR, que afecta la unión al ADN[15]. En cáncer de mama, el SA de DMTF1 se produce en el 30% de los casos, donde se observa a DMTF1 α disminuida y DMTF1 β aumentada. Por medio de secuenciación de ARNm se ha reportado que DMTF1 β aumenta su expresión entre 43%-55%[15], [17]. Además, la sobreexpresión de DMTF1 β y DMTF1 γ se ha asociado con la reducción de la tasa de supervivencia a largo y corto plazo[18].

HER2 (Receptor 2 del factor de crecimiento epidérmico humano)

HER2 es un oncogén que pertenece a la familia de receptores tirosina cinasa[15], [19]. La sobreexpresión

del receptor lo clasifica como subtipo HER2+, que representa del 15-20% de los casos diagnosticados en cáncer de mama[2], [19]. Además, la sobreexpresión de HER2 es del ~30% en cáncer de mama primario[13], [15]. Generalmente, HER2 expresa la variante Δ 16HER2, que carece del exón 20, predominante en cáncer de mama metastásico y asociada a la resistencia a fármacos (Fig.2) [2], [15]. Se ha observado que la co-expresión de HER2 larga (FL) y Δ 16HER2 incrementa la heterogeneidad del cáncer, por lo que altera su biología, curso clínico y respuesta al tratamiento[2]. Estudios recientes, reportan la sobreexpresión de la isoforma HER2-I12 que contribuye en la tumorigénesis al mejorar la proliferación, migración e invasión celular, además que activa las vías de señalización RAS/MAPK y PI3K/Akt.

KLF6 (Factor 6 tipo Krüppel)

KLF6 es una proteína supresora de tumores, que posee dominios de unión al ADN, llamados "dedos de zinc"[20], [21]. En tejidos normales, KLF6 presenta cuatro exones que constituyen la isoforma larga (KLF6 FL). En cáncer, se expresan las isoformas: KLF6-SV1, KLF6-SV2 y KLF6-SV3 que participan en la oncogénesis, progresión del tumor y evasión de la apoptosis[2], [15], [21]. La importancia de estas isoformas radica en la presencia y/o ausencia del dominio de localización nuclear (NLS), pues se ha observado que KLF6-SV1 permanece en el citoplasma debido a la pérdida del exón 2 durante el SA[2]. Cabe resaltar que KLF6-SV1 es la isoforma mayor predominante en cáncer de mama, que antagoniza la función de KLF6-FL, promueve la progresión tumoral, contribuye en la transición epitelio-mesénquima y se asocia con un mal pronóstico (Fig.2)[15], [16], [20].

Survivina

BIRC5 codifica para la proteína multifuncional survivina, implicada en el control de la mitosis, respuesta al estrés celular y regulación de la apoptosis[15], [22]. Generalmente, la survivina se expresa durante el desarrollo fetal y no en tejidos diferenciados y sanos. En cáncer de mama, la sobreexpresión de la proteína está involucrada al inhibir la apoptosis, promover la angiogénesis y proliferación celular[15], [23]. BIRC5 tiene seis isoformas: survivina WT (*Wild Type*), 2 α , 2B, 3 α , 3B y Δ ex3 (Fig.3) [15]. Particularmente, la survivina Δ ex3 muestra una sobreexpresión en tumores metastásicos y/o estadio IV, por lo que se relaciona con una enfermedad agresiva y pronóstico desfavorable en cáncer de mama[24], [25]. Además, se ha encontrado que la proteína Sam68 participa en la exclusión del exón 3, al actuar como hnRNP, unirse al pre-ARNm e impedir la unión de los factores de *splicing*, de esta manera contribuye en la formación de Δ ex3 y podría utilizarse como una excelente diana terapéutica [8]. Por otra parte, la survivina 2B es la isoforma mayor expresada en tumores primarios de mama, que responden con éxito al tratamiento, por lo que lo posiciona como un excelente biomarcador(Fig. 2 y 3) [8], [24], [25].

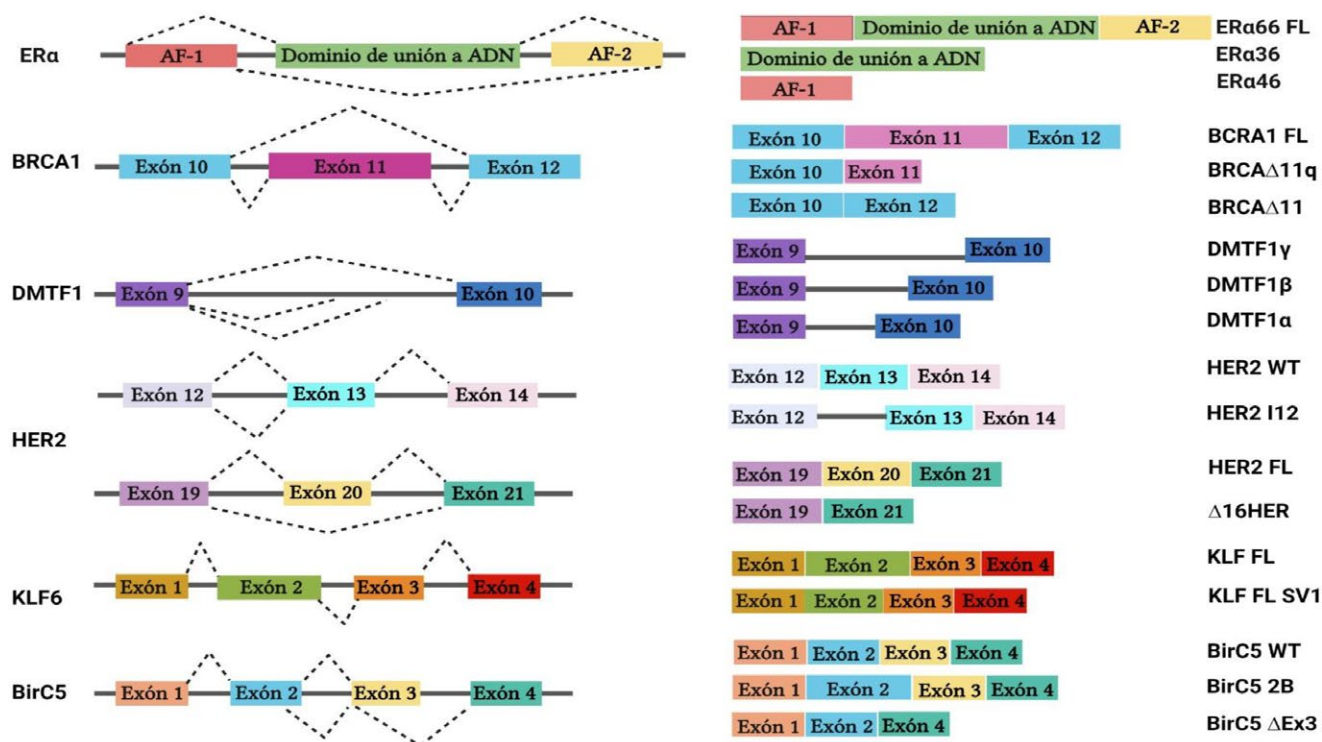


Figura 2. Eventos de splicing alternativo involucrados en el desarrollo de cáncer de mama. El esquema representa múltiples eventos de splicing alternativo que generan isoformas oncogénicas. De lado izquierdo, se presenta el pre-ARNm que será procesado. De lado derecho, se muestra las isoformas resultantes. Las líneas oscuras simbolizan intrones y los rectángulos esquematizan exones. Las líneas punteadas indican la unión de las exones. FL: Isoformas de larga longitud. WT: wild.

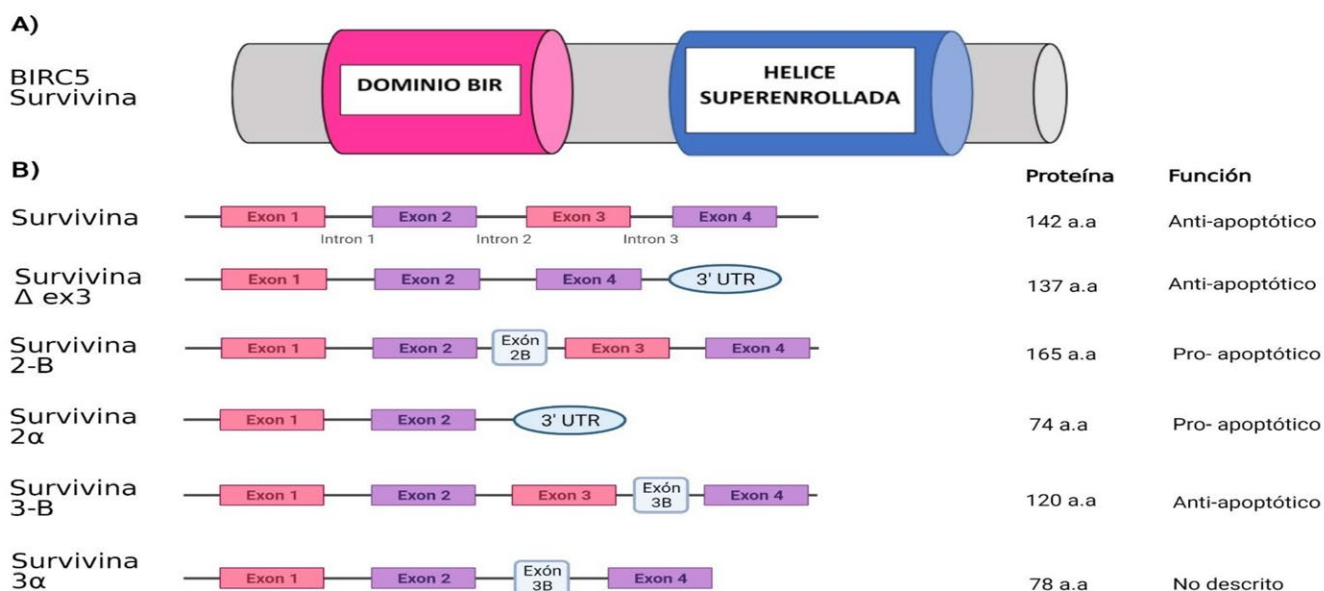


Figura 3. Isoformas de la proteína survivina. La siguiente representación gráfica muestra la composición de la proteína survivina. A) BirC5 codifica para la proteína survivina, que se caracteriza por la presencia de un dominio BIR y una hélice superenrollada. B) El splicing alternativo que sufren los pre-ARNm de la survivina, generan seis isoformas. De lado izquierdo, se esquematiza la región pre-ARNm que será procesada. De lado derecho, se observa el tamaño y función de la proteína resultante.

OLIGONUCLEÓTIDOS ANTISENTIDO (ASO'S) COMO TRATAMIENTO CONTRA CÁNCER DE MAMA

Durante mucho tiempo, el tratamiento de elección contra cáncer ha sido la radioterapia, quimioterapia y los tratamientos hormonales, sin embargo, su uso compromete la integridad del paciente. Ante estos acontecimientos, los investigadores han buscado terapias alternas que mejoren la efectividad del tratamiento y disminuyan el sufrimiento del paciente.

Los oligonucleótidos antisentido (ASO's) son secuencias cortas específicas de 15 a 30 nucleótidos que se unen al ARNm para formar híbridos bicatenarios[1]. La hibridación de los oligonucleótidos inhibe la expresión génica, mediante bloqueo estérico o por degradación del híbrido a causa de la RNasa H[26], [27]. Estos han sido modificados químicamente en la cadena principal y los anillos de azúcar, que incluyen modificaciones fosforotioato (PS), fosforodiamidato morfolino (PMO) 2'-O-metoxietilo (MOE) y 2'-O-metilo (OMe), dando mejor resultado 2'-O-metilo y 2"-O-metoxietilo al proporcionar una mayor especificidad, afinidad al ARNm diana y resistencia a la degradación por endonucleasas [26], [28], [29]. Por lo tanto, estas modificaciones son una excelente opción para el recubrimiento de ASO's utilizados contra cáncer. Además, se ha observado la participación de los ASO's en la modificación de eventos de SA, que podrían reestablecer el procesamiento de isoformas antitumorales. En este caso, los oligonucleótidos interruptores de *splicing* (SSO) son secuencias cortas, que compiten contra los factores de *splicing* por la unión a elementos reguladores, por lo que contribuye en la activación o inhibición del SA (Fig4.)[1],

[29]. Los oligonucleótidos dirigidos a potenciadores de *splicing* (TOES) son elementos que dirigidos a proteínas SR y promueven la inclusión de exones. En diferentes estudios, los TOES han sido utilizados para promover la inclusión del exón 7 de SMN2 en pacientes con Atrofia Muscular Espinal (AME)[29]. Los potenciadores de *splicing* exón-específico por efectores quiméricos pequeños (ESSENCE) son moléculas que se unen al dominio serina/arginina, de las proteínas SR, en el extremo 3' para favorecer la inclusión de exones[1]. Además, se ha demostrado la eficacia de estas moléculas al redirigir el SA de SMN2 en AME, el exón 18 y Bcl-x en BRCA1[1], [29]. En cambio, los oligonucleótidos dirigidos a silenciadores de *splicing* (TOSS) son elementos que reconocen proteínas hnRNP A1/A2, que afectan la unión de U1 al pre-ARNm e inhibe el *splicing* alternativo. Cabe resaltar que los TOSS ya ha sido probados y dirigidos a hnRNP A1, reprimiendo la exclusión del exón 8 y favoreciendo la inclusión del exón 7 de SMN2 en AME[30].

Los SSO también han sido probados en diversos genes asociados a cáncer. En glioblastoma, los SSO favorece la inclusión del exón 14a en Mnk, lo que conlleva al aumento de la expresión Mnk2a (supresor de tumores) y disminución de la isoforma Mnk2b (pro-oncogénica)[31]. Por otra parte, el diseño de TOSS, dirigido a hnRNP A1, muestra una reducción de la isoforma Bcl-xL (Longitud completa) y aumento de Bcl-xS (longitud corta) en líneas celulares de cáncer de próstata, colon y mama, de manera que favorece la apoptosis[30]. Además, OT-101 es un ASO, diseñado para inhibir el ARNm de TGF- β 2, que mostró una mejoría en la supervivencia general de los pacientes con cáncer de páncreas[32]. En este sentido, la unión de ASO's a elementos reguladores restablecería el SA y disminuiría la expresión de oncogenes en cáncer de mama.



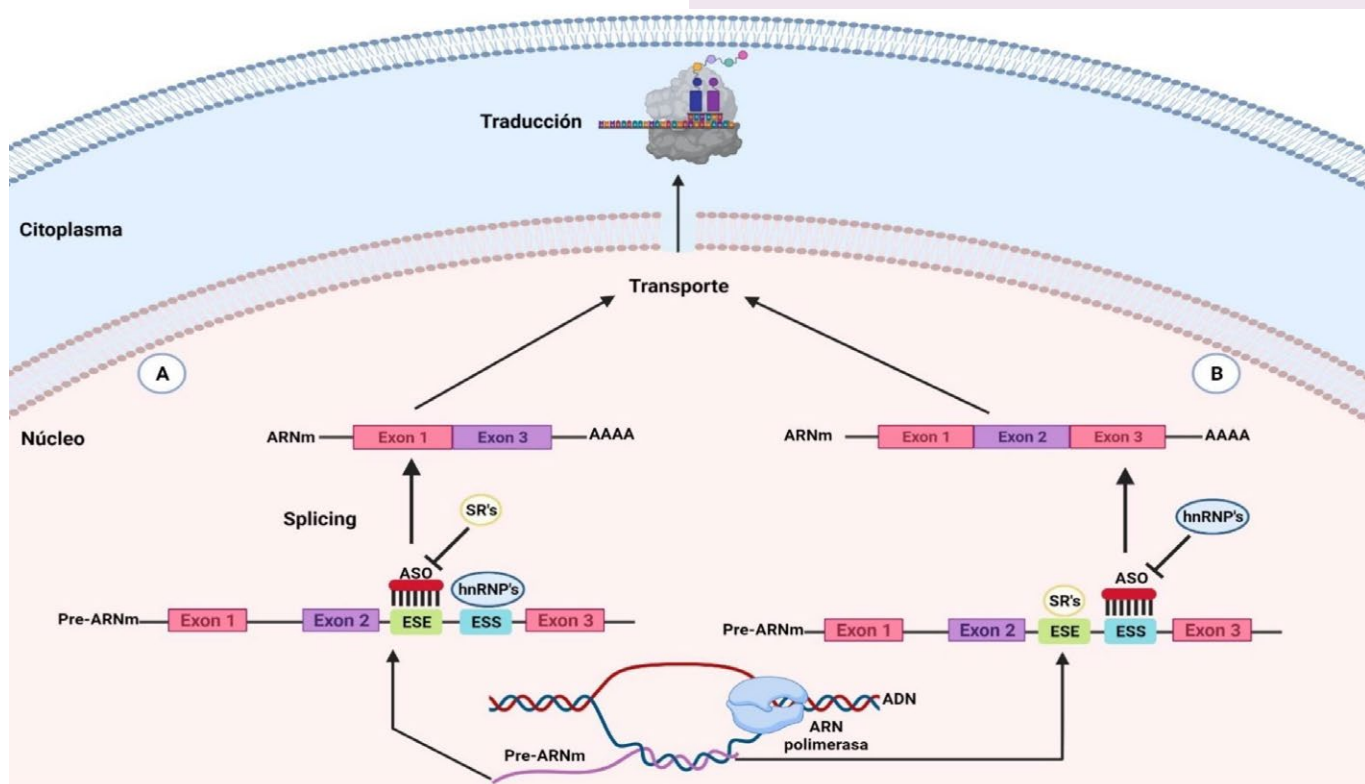


Figura 4. Mecanismos de acción de los oligonucleótidos antisentido en splicing alternativo. A) El oligonucleótido antisentido se une a elementos silenciadores de splicing que impiden la inclusión del exón 2. B) El oligonucleótido antisentido se une a elementos potenciadores del splicing, que favorecen la inclusión del exón 2. Posteriormente, el ARNm es transportado hacia el citoplasma para ser traducido a proteína en el ribosoma.

CONCLUSIÓN

La desregulación del splicing alternativo en cáncer ha sido evidenciado en diferentes estudios. Ejemplo de esto, son las diferentes isoformas de los genes ERα, BRCA1, DMTF1, HER2, KLF6 y BirC5, pues cada una de ellas se asocia con la progresión tumoral, invasión celular, desarrollo transición epitelio-mesénquima y resistencia a fármacos, además de inhibir actividades apoptóticas y supresoras de tumores, lo que da paso al desarrollo de tumores malignos mamarios. Afortunadamente, el desarrollo de ASO's brinda una nueva y mejor opción como terapia antitumoral. Los estudios de protección de los ASO's sugiere que la modificación 2'-O-ME es una excelente opción, ya que evitan la degradación por nucleasas y favorece la vida media del fármaco. Por último, las evidencias apuntan que los ASO's serían el tratamiento ideal contra cáncer de mama, ya que tienen la capacidad de restablecer el splicing alternativo y han demostrado ser específicos, efectivos, no deterioran la salud y mejoran la supervivencia del paciente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Martínez-Montiel, N. H. Rosas-Murrieta, M. A. Ruiz, E. Monjaraz-Guzmán, y R. Martínez-Contreras, "Alternative Splicing as a Target for Cancer Treatment", *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 19, núm. 2, feb. 2018, doi: 10.3390/IJMS19020545.
- [2] Q. Yang, J. Zhao, W. Zhang, D. Chen, y Y. Wang, "Aberrant alternative splicing in breast cancer", *J. Mol. Cell Biol.*, vol. 11, núm. 10, pp. 920–929, may 2019, doi: 10.1093/jmcb/mjz033.
- [3] H. K. Kim, M. H. C. Pham, K. S. Ko, B. D. Rhee, y J. Han, "Alternative splicing isoforms in health and disease", *Pflügers Arch. - Eur. J. Physiol.* 2018 4707, vol. 470, núm. 7, pp. 995–1016, mar. 2018, doi: 10.1007/S00424-018-2136-X.
- [4] H. Dvinge, J. Guenthoer, P. L. Porter, y R. K. Bradley, "RNA components of the spliceosome regulate tissue- and cancer-specific alternative splicing", *Genome Res.*, vol. 29, núm. 10, p. 1591, 2019, doi: 10.1101/GR.246678.118.
- [5] F. Bray, J. Ferlay, I. Soerjomataram, R. L. Siegel, L. A. Torre, y A. Jemal, "Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries", *CA. Cancer J. Clin.*, vol. 68, núm. 6, pp. 394–424, nov. 2018, doi: 10.3322/CAAC.21492.
- [6] Centro Nacional de Equidad de Género y Salud Reproductiva, "Información Estadística Cáncer de Mama | Centro Nacional de Equidad de Género y Salud Reproductiva | Gobierno | gob.mx", dic. 02, 2016. <https://www.gob.mx/salud/cnegr/salud-en-linea/cancer-mama> (consultado oct. 01, 2021).
- [7] IMSS, "Cáncer de Mama", <http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/cancer-mama> (consultado dic. 08, 2020).
- [8] J. Gaytan-Cervantes, C. González-Torres, V. Maldonado, C. Zampedri, G. Ceballos-Cancino, y J. Meléndez-Zajgla, "Protein Sam68 regulates the alternative splicing of survivin DEx3", *J. Biol. Chem.*, vol. 292, núm. 33, pp. 13745–13757, ago. 2017, doi: 10.1074/jbc.M117.800318.



- [9] M. Bhadra, P. Howell, S. Dutta, C. Heintz, y W. B. Mair, "Alternative splicing in aging and longevity", *Hum. Genet.* 2019 1393, vol. 139, núm. 3, pp. 357–369, dic. 2019, doi: 10.1007/S00439-019-02094-6.
- [10] S. Park *et al.*, "Differential Functions of Splicing Factors in Mammary Transformation and Breast Cancer Metastasis", *Cell Rep.*, vol. 29, núm. 9, p. 2672, nov. 2019, doi: 10.1016/J.CELREP.2019.10.110.
- [11] M. Fahad Ullah, "Breast Cancer: Current Perspectives on the Disease Status", *Adv. Exp. Med. Biol.*, vol. 1152, pp. 51–64, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-20301-6_4.
- [12] Z. Xiping, W. Qingshan, Z. Shuai, Y. Hongjian, y D. Xiaowen, "A summary of relationships between alternative splicing and breast cancer", *Oncotarget*, vol. 8, núm. 31. Impact Journals LLC, pp. 51986–51993, feb. 07, 2017, doi: 10.18632/oncotarget.17727.
- [13] K. Inoue y E. A. Fry, "Aberrant Splicing of Estrogen Receptor, HER2, and CD44 Genes in Breast Cancer", *Genet. Epigenet.*, vol. 7, núm. 7, pp. 19–32, ene. 2015, doi: 10.4137/GEG.535500.
- [14] N. Fuentes y P. Silveyra, "Estrogen receptor signaling mechanisms", *Adv. Protein Chem. Struct. Biol.*, vol. 116, p. 135, ene. 2019, doi: 10.1016/BS.APCSB.2019.01.001.
- [15] N. Martínez-Montiel, M. Anaya-Ruiz, M. Pérez-Santos, y R. D. Martínez-Contreras, "Alternative splicing in breast cancer and the potential development of therapeutic tools", *Genes*, vol. 8, núm. 10. MDPI AG, p. 217, oct. 06, 2017, doi: 10.3390/genes8100217.
- [16] D. Wiener *et al.*, "BRCA1 and BARD1 colocalize mainly in the cytoplasm of breast cancer tumors, and their isoforms show differential expression", *Breast Cancer Res. Treat.* 2015 1533, vol. 153, núm. 3, pp. 669–678, sep. 2015, doi: 10.1007/S10549-015-3575-0.
- [17] N. Tian, J. Li, J. Shi, y G. Sui, "From general aberrant alternative splicing in cancers and its therapeutic application to the discovery of an oncogenic DMTF1 isoform", *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 18, núm. 3, p. 191, mar. 2017, doi: 10.3390/ijms18030191.
- [18] J. Li *et al.*, "Mechanisms regulating DMTF1 β /y expression and their functional interplay with DMTF1 α ", *Int. J. Oncol.*, vol. 58, núm. 1, p. 20, ene. 2021, doi: 10.3892/IJO.2020.5146.
- [19] V. Hart, M. Silipo, S. Satam, H. Gautrey, J. Kirby, y A. Tyson-Capper, "HER2-PI9 and HER2-I12: two novel and functionally active splice variants of the oncogene HER2 in breast cancer", *J. Cancer Res. Clin. Oncol.*, vol. 147, núm. 10, p. 2893, oct. 2021, doi: 10.1007/S00432-021-03689-1.
- [20] Z. Xiping, W. Qingshan, Z. Shuai, Y. Hongjian, y D. Xiaowen, "A summary of relationships between alternative splicing and breast cancer", *Oncotarget*, vol. 8, núm. 31, p. 51986, feb. 2017, doi: 10.18632/ONCOTARGET.17727.
- [21] S. E. Syafruddin, M. A. Mohtar, W. F. W. M. Nazarie, y T. Y. Low, "Two Sides of the Same Coin: The Roles of KLF6 in Physiology and Pathophysiology", *Biomolecules*, vol. 10, núm. 10, pp. 1–22, oct. 2020, doi: 10.3390/BIOM10101378.

- [22] I. Sušac *et al.*, "Polymorphisms in Survivin (BIRC5 Gene) Are Associated with Age of Onset in Breast Cancer Patients", *J. Oncol.*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/3483192.
- [23] J. Dai *et al.*, "Identification of prognostic significance of BIRC5 in breast cancer using integrative bioinformatics analysis", *Biosci. Rep.*, vol. 40, núm. 2, 2020, doi: 10.1042/BSR20193678.
- [24] S. Khan *et al.*, "Early diagnostic value of survivin and its alternative splice variants in breast cancer", *BMC Cancer*, vol. 14, núm. 1, pp. 1–10, mar. 2014, doi: 10.1186/1471-2407-14-176.
- [25] D. Trnski *et al.*, "Regulation of Survivin Isoform Expression by GLI Proteins in Ovarian Cancer", *Cells*, vol. 8, núm. 2, p. 128, feb. 2019, doi: 10.3390/CELLS8020128.
- [26] K. Xue y R. E. MacLaren, "Antisense oligonucleotide therapeutics in clinical trials for the treatment of inherited retinal diseases", <https://doi.org/10.1080/13543784.2020.1804853>, vol. 29, núm. 10, pp. 1163–1170, oct. 2020, doi: 10.1080/13543784.2020.1804853.
- [27] K. Takakura, A. Kawamura, Y. Torisu, S. Koido, N. Yahagi, y M. Saruta, "The Clinical Potential of Oligonucleotide Therapeutics against Pancreatic Cancer", *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 20, núm. 13, jul. 2019, doi: 10.3390/IJMS20133331.
- [28] D. R. Scoles, E. V. Minikel, y S. M. Pulst, "Antisense oligonucleotides: A primer", *Neurol. Genet.*, vol. 5, núm. 2, p. 323, abr. 2019, doi: 10.1212/NXG.0000000000000323.
- [29] V. Sardone, H. Zhou, F. Muntoni, A. Ferlini, y M. S. Falzarano, "Antisense Oligonucleotide-Based Therapy for Neuromuscular Disease", *Mol. A J. Synth. Chem. Nat. Prod. Chem.*, vol. 22, núm. 4, abr. 2017, doi: 10.3390/MOLECULES22040563.
- [30] J.-P. Brosseau *et al.*, "Redirecting splicing with bifunctional oligonucleotides", *Nucleic Acids Res.*, vol. 42, núm. 6, p. e40, 2014, doi: 10.1093/NAR/GKT1287.
- [31] M. Mogilevsky *et al.*, "Modulation of MKNK2 alternative splicing by splice-switching oligonucleotides as a novel approach for glioblastoma treatment", *Nucleic Acids Res.*, vol. 46, núm. 21, p. 11396, nov. 2018, doi: 10.1093/NAR/GKY921.
- [32] O. J. D'Cruz, S. Qazi, L. Hwang, K. Ng, y V. Trieu, "Impact of targeting transforming growth factor β -2 with antisense OT-101 on the cytokine and chemokine profile in patients with advanced pancreatic cancer", *Onco. Targets. Ther.*, vol. 11, p. 2779, may 2018, doi: 10.2147/OTT.S161905.

Cómo citar este artículo:

Rossano Gutiérrez, K. A., Martínez Montiel, N., Anaya Ruiz, M., Gaspariano Cholula, M. P., & Martínez Contreras, R. D. (2021). Reprogramación del splicing alternativo de genes asociados a cáncer de mama. *EPISTEMUS*, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.186>



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. 31

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. 31 Octubre 15 de 2021.
- » Publicación electrónica Diciembre 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

SEPTIEMBRE
1-3 / 2021

Modalidad virtual

PLATAFORMA:
TEAMS



INGENIO UNISON

107.5 F.M.

MIÉRCOLES 9:00AM
107.5 RADIO UNIVERSIDAD

— **INGENIO** —
LA MANERA INTELIGENTE
DE TRANSFORMAR



FOR ALL AGES

WWW.INGENIERIAS.USON.MX

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.



ESTRUCTURA GENERAL DEL CONGRESO

EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS VALLE DEL YAQUI SEGUNDA CIRCULAR



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



**CONGRESO
INTERNACIONAL DE
AGROECOSISTEMAS**
17 a 19 de noviembre de 2021

EL PROGRAMA INCLUYE



**CONFERENCIAS
MAGISTRALES**



**CURSOS
PRECONGRESO**



**MESAS DE
TRABAJO**



**EXPOSICIÓN
DE CARTELES**



**SIMPOSIOS
TEMATICOS**

TEMÁTICAS

**Recursos
fitogenéticos**

**Nutrición
vegetal**

**Seguridad
alimentaria**

**Uso de las TIC's
en la agricultura**

**Producción y
protección vegetal**

**Biotecnología
agrícola**

**Sistemas agrícolas
sostenibles**

Agroecosistemas

COSTOS

¡Regístrate!



Asistente

Sin costo

Ponente Oral

\$300 pesos mx

Ponente Cartel

\$ 200 pesos mx

Consulta la página web

<https://eventosdag.unison.mx/>

Correo:

congreso@vyaqui.tecnm.mx



**INSTITUTO TECNOLÓGICO
CHAPINGO**



ITSON

PIEAES



**Instituto Tecnológico de
Roque**



CIMMYT

**Centro de Investigación y
Referencia Agraria**



INIAP

**Asociación Mexicana de
Agroecología**

AOASS



UAIM



Universidad de la Sierra



Universidad de la Sierra

Universidad de la Sierra

Universidad de la Sierra