Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería

Julio - Septiembre 2023

ISSN: 2683-2607

No. 130

Egneffelos del consumo de productos lácteos en la salud

El misterio del colemaniento de la Corona Solar: Affinalmente a un paso de su solución?

> estendini el eb entiv bebennence el eb concesseup od

> > Conflictivided átice en protocolos fermecológicos





Contenido

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería

No. 130 Julio - Septiembre 2023

Tally 1.1	0	Virus de la influenza:	40
Editorial	3	Lo que sabemos de la enfermedad	
		Dra. Mayra Lozano Espinosa	
		Dr. Arturo Rojo Domínguez	
Beneficios del consumo			
de productos lácteos en la salud	5	Conflictividad ética en	
Ing. Alimentos Andrea López López		protocolos farmacológicos	47
M. en C. Lorena Gómez Ruiz		D. en C. Nelson Eduardo Alvarez Licona	L
Dr. Francisco Guzmán Rodríguez		D. en C. María de la luz Sevilla González	Z
Dra. Alma Cruz Guerrero			
		Pigmentos Naturales	62
COVID-19 y aprovechamiento de recurso	S	Dra. Nancy Martín	
naturales en Tabasco, México	17	Dra. Margarita Viniegra	
Jessica Berenice Reyes Cálix			
Biol. Floricel Hernández Ramírez		Muyal-Nez, una plataforma de construcci	ión
Dr. José Luis Martínez Sánchez		de sistemas de ciencias de datos	.0.0
		médicos para procesos de toma	
La condición de deslizamiento de Navier:		de decisiones en el sector salud	74
Una idea antigua que resurge	27	Dr. Dante D. Sánchez Gallegos	, 1
Dr. Francisco J. Valdés Parada		M. C. Diana Carrizales Espinoza	
El misterio del calentamiento de la		Dr. José Luis González Compean Dr. Ricardo Marcelín Jiménez	
Corona Solar: ¿finalmente a un paso		Dr. Ricardo Marcelli Jimenez	
de su solución?	35		
	oo		
Lic. Leonardo Di G. Sigalotti			
PhD Fidel Cruz			

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería

en la WEB

Lea los artículos publicados en https://contactos.izt.uam.mx





Rector General Dr. José Antonio de los Reyes Heredia Secretaria General Dra. Norma Rondero López

UNIDAD IZTAPALAPA

Rectora

Dra. Verónica Medina Bañuelos Secretario

Dr. Javier Rodríguez Lagunas Director de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería Dr. Román Linares Romero Director de la División de Ciencias

Biológicas y de la Salud Dr. José Luis Gómez Olivares

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería:

Consejo Editorial:

Dra. Verónica Medina Bañuelos

Dr. Javier Rodríguez Lagunas

Dr. Román Linares Romero

Dr. José Luis Gómez Olivares

UAM- Iztapalapa

Editora en Jefe:

M. C. Alma Edith Martínez Licona

Asistente Editorial:

Lic. Paula López Andrés

Comité Editorial por CBS:

Dra. Edith Arenas Ríos, Dra. Laura Josefina Pérez Flores, Dr. Pedro Luis Valverde Padilla

Por CBI:

Dr. Hugo Ávila Paredes

Por la Universidad Iberoamericana:

Mtro. Adolfo G. Fink Pastrana

CONTACTOS, REVISTA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS E INGENIERÍA.

3^a Época, No. 130, Julio - Septiembre 2023, es una publicación trimestral de la Universidad Autónoma Metropolitana a través de la Unidad Iztapalapa, División de Ciencias Básicas e Ingeniería y División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex-Hacienda San Juan de Dios, Alcaldía Tlalpan, C.P. 14387, México, Ciudad de México y Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco 186, Col. Leyes de Reforma 1a Sección, Iztapalapa, Cd. de México. C.P. 09310, Edificio T144, Tel. 5804 – 4600. Ext. 1144. Página electrónica de la revista: https://contactos.izt.uam.mx/ v dirección electrónica: cts@xanum.uam.mx Editora responsable MC Alma E. Martínez Licona. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo de Título No. 04-2013-042212044000-203, ISSN 2683-2607, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Mtra. Alma E. Martínez Licona; Unidad Iztapalapa, División de CBI y CBS; fecha de última modificación 22 de Septiembre de 2023. Tamaño del archivo 8.10 MB.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Fecha de Publicación: Julio - Septiembre 2023.

Los artículos publicados en Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería son sometidos a arbitraje; para ello se requiere enviar

el trabajo en Word a https://contactos.izt.uam.mx/ Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería,

UAM – Iztapalapa, T144, Tel. 5804-4600. Ext. 1144 Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco 186. C.P. 09310

e-mail cts@xanum.uam.mx

Editorial

Esperando, como siempre, que este número sea atractivo, en esta ocasión, contamos con artículos interesantes, principalmente alrededor de la salud.

Comenzamos comentado el artículo "Beneficios del consumo de productos lácteos en la salud", este tipo de productos son de fácil disponibilidad para la mayoría de las personas y tienen un efecto positivo en enfermedades crónicas como la diabetes mellitus tipo 2 y cáncer, entre otras, a diferencia de algunas publicaciones donde exponen lo contrario, en este artículo se revisa la evidencia científica sobre el beneficio del consumo de estos alimentos.

Otro artículo es: "COVID-19 y aprovechamiento de recursos naturales en Tabasco, México", en este artículo se expone el aprovechamiento de animales y plantas silvestres en Tabasco durante la etapa de pandemia.

Hablando de virus, en este número esta el artículo "Virus de la influenza: Lo que sabemos de la enfermedad", lo que aporta este artículo es la preocupación de este virus, ya que existe la aparición de cepas pandémicas debido a que este virus es capaz de variar genéticamente, estas variaciones implican que las vacunas existentes sean ineficientes y este artículo trata de la necesidad de la búsqueda de nuevos fármacos antivirales.

"Conflictividad ética en protocolos farmacológicos" es otro artículo alrededor del sector salud donde se menciona la participación de los Comités de Ética en Investigación y se mencionan los reglamentos existentes en nuestro país para la regulación ética de estos protocolos.

Además de estos artículos, existen otros, igual de interesantes, como "Pigmentos naturales", "Muyal-Nez, una plataforma de construcción de sistemas de ciencias de datos médicos para procesos de toma de decisiones en el sector salud", "La condición de deslizamiento de Navier: Una idea antigua que resurge" y "El misterio del calentamiento de la Corona Solar: ¿finalmente a un paso de su solución? ".

Invitamos a nuestros amables lectores realicen la lectura de este número esperando descubran conocimiento nuevo e interesante.

Atentamente MC Alma E. Martínez Licona Editora en Jefe

Información para autores

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería, Revista dirigida a profesores y a es-

tudiantes de estas disciplinas.

Está registrada en el índice de revistas de divulgación de Conacyt, así como en Latindex, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

Para publicar, los trabajos deberán ser originales y accesibles a un público amplio con formación media superior o universitaria pero no especializada; los temas deberán presentarse en forma clara. Cada colaboración debe incluir figuras, diagramas, ilustraciones, fotografías, etc. (otorgando el crédito correspondiente en caso de no ser original), que hagan más accesible la presentación.

Las secciones que la constituyen son:

- 1. Divulgación. Artículos que presentan temas científicos con enfoques novedosos y accesibles (15 cuartillas).
- 2. Educación científica. Enfoques originales en la enseñanza de temas particulares (15 cuartillas).
- 3. Artículos especializados. Reportes breves de investigación, relacionados con una problemática concreta (15 cuartillas).
- **4. Crónicas.** Historia y desarrollo de conceptos científicos, así como teorías alternativas (15 cuartillas).
- 5. Divertimentos. Juegos y acertijos intelectuales (5 cuartillas).
- 6. Noticias breves. Información de actualidad en el mundo de la ciencia (4 cuartillas).
- 7. Los laureles de olivo. Los absurdos de la vida cotidiana y académica (4 cuartillas).

En todos los casos se debe incluir los nombres completos de los autores con su adscripción, dirección, teléfono y dirección de correo electrónico.

Normas

Las colaboraciones a las secciones 1 a 4 deberán ajustarse a las siguientes normas:

- 1. Resumen escrito en español e inglés.
- 2. 4 palabras clave en español en inglés.
- 3. Cuando se incluya una abreviatura debe explicarse por una sola vez en la forma siguiente: Organización de los Estados Americanos (OEA)...
- 4. Cuando se utilice un nombre técnico o una palabra característica de una disciplina científica deberá aclararse su significado de la manera más sencilla posible.

- 5. Las citas textuales deberán ir de acuerdo al siguiente ejemplo: En cuanto la publicación del placebo se asevera que "el efecto placebo desapareció cuando los comportamientos se estudiaron en esta forma" (Núñez, 1982, p.126).
- 6. Las referencias (no más de 10) se marcarán de acuerdo al siguiente ejemplo: Sin embargo, ese no es el punto de vista de la Escuela de Copenhague (Heisenberg, 1958), que insiste en. . .
- 7. Al final del artículo se citarán las referencias por orden alfabético de autores. Pueden añadirse lecturas recomendadas (no más de 5).
- 8. Cada referencia a un artículo debe justarse al siguiente formato: Szabadváry, F. y Oesper, E., Development of the pH concept, J. Chem. Educ, 41 [2], pp.105 -107, 1964.
- 9. Cada referencia a un libro se ajustará al siguiente formato: Heisenberg, W., Physics and Philosophy. The Revolution in Modern Science, Harper Torchbook, Nueva York, pp.44-58, 1958. 10. Para páginas electrónicas: dirección (fecha de acceso).
- 11. Los títulos de reportes, memorias, etcétera, deben ir subrayados o en itálicas.

Envío y características del artículo

El envío del artículo deberá ser en archivo electrónico, en Word, tipo de letra Times New Roman, tamaño 12 con interlineado sencillo y uso de editor de ecuaciones.

En el caso de ilustraciones por computadora (BMP, JPG, TIFF, etc.) envíelos en archivos por separado. El material es recibido en:

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería.

UAM – Iztapalapa, T144, Información: cts@xanum.uam.mx, Tel. 5804-4600. Ext. 1144. Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco 186. C.P. 09310

Arbitraje

El Comité utiliza un sistema de arbitraje anónimo que requiere un mes. Se entiende que los autores no han enviado su artículo a otra revista y que dispondrán de un plazo máximo de un mes para incorporar las observaciones de los árbitros.

La decisión final de publicar un artículo es responsabilidad exclusiva del Comité Editorial.

Beneficios del consumo de productos lácteos en la salud



Resumen

La leche de vaca y sus derivados son alimentos básicos y contienen una significativa cantidad de nutrientes de alta biodisponibilidad. Gracias a que actualmente los encontramos en diferentes presentaciones y para todo tipo de necesidades, no hay impedimento para que estos puedan ser parte de la dieta diaria de las personas durante toda su vida. Además, pueden impartir beneficios para la salud que ningún otro alimento puede proporcionar por sí solo. Con los años se ha podido demostrar científicamente que el consumo de este tipo de productos tiene un efecto positivo en el tratamiento de algunas enfermedades crónicas no transmisibles como diabetes mellitus tipo 2, osteoporosis y cáncer entre otras. Además, varios componentes bioactivos presentes en los lácteos mejoran los sistemas cardiovascular, gastrointestinal e inmunológico.

Sin embargo, en los últimos años ha disminuido el consumo de leche de vaca y productos lácteos debido a la divulgación de información carente de bases científicas que la respalde, conduciendo a la eliminación o restricción de estos alimentos, con repercusiones negativas para la salud.

El objetivo de este artículo fue revisar la evidencia científica que se ha desarrollado recientemente sobre cómo el consumo de productos lácteos aporta beneficios a la salud y así sustentar la recomendación de que éstos formen parte de la alimentación diaria en todas las etapas de la vida.

Palabras clave

Leche de vaca, yogurt, queso, productos lácteos.

Abstract

Cow's milk and its derivatives are staple

foods and contain a significant amount of nutrients of high bioavailability. Thanks to the fact that we currently find them in different presentations and for all kinds of needs, there is no impediment for these to be part of the daily diet of people throughout their lives. In addition, they can impart health benefits that no other food can provide on its own. Over the years it has been scientifically proven that the consumption of this type of product has a positive effect on the treatment of some chronic non-transmissible diseases such as type 2 diabetes mellitus, osteoporosis, and cancer among others. Furthermore, several bioactive components present in dairy improve the cardiovascular, gastrointestinal, and immune systems.

However, in recent years the consumption of cow's milk and dairy products has decreased due to the disclosure of information lacking a scientific basis that supports it, leading to the elimination or restriction of these foods, with negative repercussions for health.

The aim of this article was to review the scientific evidence that has been developed recently on how the consumption of dairy products brings health benefits and thus support the recommendation that these are part of the daily diet at all stages of life.

Keywords

Cow's milk, yogurt, cheese, dairy products.

1. Composición de la leche

Se considera leche a la secreción natural proveniente de las glándulas mamarias de vacas en buen estado de salud, excluyendo al calostro. La leche de vaca (Figura 1) en su mayoría está compuesta por agua (87%) y contiene lactosa (4-5%), grasa (3-4%), proteínas (3.5%), minerales (0.8%) entre los que se encuentra el calcio, magnesio,

sodio, potasio, fósforo, zinc, hierro, cobre, yodo, manganeso, selenio. Además, contiene vitaminas hidrosolubles (0.1%) del complejo B, entre las que se encuentran las vitaminas B1, B2, B5, B6, B7, B9 y B12, así como también la vitamina C; mientras que la grasa de la leche, es decir, los lípidos, funcionan como transporte para las vitaminas liposolubles A, E, D y K, así como de carotenoides (Aparicio et al., 2019).

Las proteínas de la leche están constituidas por 80% de caseínas y 20% de proteínas del suero. Dentro de la fracción proteica del suero las proteínas más abundantes son β-lactoglobulina (50%), α-lactoalbúmina (20%) y albúmina sérica (10%), y en menor proporción se encuentran inmunoglobulinas, lactoferrina, lacto-peroxidasa, proteasa-peptona, lisozima y transferrina (Aparicio et al., 2020).

La grasa presente en la leche está distribuida en pequeños glóbulos rodeados por una membrana compuesta principalmente por fosfolípidos y glicoproteínas, su núcleo está compuesto principalmente por triglicéridos (95%). Respecto a su perfil lipídico, la grasa láctea tiene 60-70% de ácidos grasos saturados, 20-25% de ácidos grasos monoinsaturados (principalmente el ácido oleico) y ácidos grasos poliinsaturados (3-5%), en los que se incluyen el ácido linoleico y el ácido linoleico conjugado (Calvo et al., 2014).

Respecto a la composición de la leche pasteurizada esta varia mínimamente, dado que el objetivo dicho proceso es disminuir la carga microbiana y no alterar los componentes de los alimentos. Broersen (2020) reportó que durante la pasteurización de la leche de vaca hay pequeñas perdidas de vitaminas

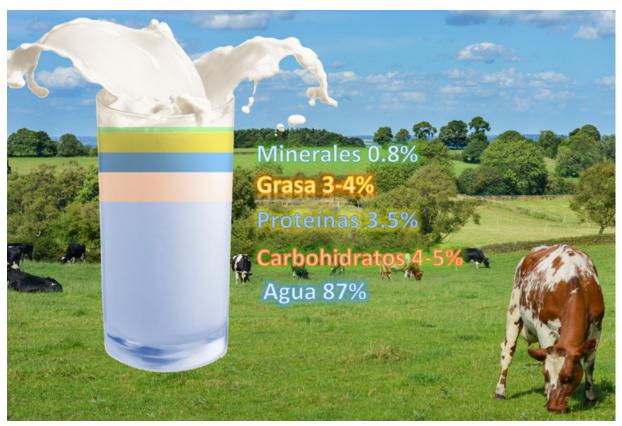


Figura 1. Composición de la leche

como la riboflavina, vitamina B6, vitamina B12, y vitamina A. Asimismo, hay desnaturalización de las proteínas del suero de leche y pérdida de calcio (aproximadamente 10%).

Por otra parte, la composición de la leche puede variar con la alimentación de la vaca. Calvache y Nava (2012) reportaron que las dietas altas en fibra pueden aumentar la concentración de grasa en la leche, mientras que las dietas bajas en fibra pueden aumentar el contenido de proteína. Además, el contenido de grasa y proteína también están relacionados con la raza.

2. Actividad biológica de los componentes de la leche

Las proteínas de la leche poseen actividades biológicas que van desde las antimicrobianas hasta las que facilitan la absorción de nutrientes, además pueden actuar como factores de crecimiento, hormonas, enzimas y anticuerpos.

Particularmente la actividad biológica de las caseínas es transportar calcio y fosfato, además forman un coágulo en el estómago lo que ayuda a tener una digestión eficiente. Por su parte las proteínas del suero son de rápida digestión pues la velocidad a la que los aminoácidos se liberan durante la digestión y se absorben es mayor que la de otras proteínas de la leche (Martínez y Martínez, 2006).

La β-lactoglobulina es una importante portadora de retinol y ácidos grasos y la lactoferrina es muy valiosa para la correcta absorción de hierro, tiene efectos antioxidantes y anticancerígenos (Bartolotti et al., 2011).

La leche y los lácteos en general aportan ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácido linoleico conjugado, el cual ayuda a regular la producción de compuestos que disminuven la inflamación intestinal, como el ácido araquidónico, tromboxano, prostaciclina, citocinas y acetilcolina. Además, el ácido linoleico conjugado provee algunos beneficios a la microbiota intestinal, como facilitar el crecimiento y la adhesión de *Lactobacillus*, aumenta la producción de ácidos grasos como el ácido acético, ácido butírico, ácido propiónico, los cuales participan en la prevención de trastornos en el metabolismo. Otros ácidos grasos como el ácido caproico, caprílico y cáprico poseen actividades antivirales y antibacterianas (Calvo et al 2014).

La lactosa que es el principal carbohidrato de la leche no es fermentada por cualquier tipo de microorganismos, por lo que no contribuye a la formación de caries, además es un azúcar menos dulce que el azúcar común (sacarosa), presenta bajo índice glicémico y mejora la absorción de calcio y magnesio.

La leche es una importante fuente de calcio en la dieta, la concentración de este mineral en la leche es de aproximadamente 1 g/L, por lo tanto, consumir diariamente leche y productos lácteos tiene un papel importante para asegurar la ingesta de calcio. Obtener suficiente calcio en la dieta (así como fósforo y vitamina D) proporciona huesos y dientes saludables. Además, el calcio interviene en la contracción muscular, así como en la coagulación de la sangre, ayuda a que se lleve a cabo la transmisión de impulsos nerviosos, proporciona permeabilidad a las membranas celulares, previene la hipertensión, participa en el control de peso, disminuye las probabilidades de desarrollar cáncer de colon y cálculos renales, por lo anterior, el organismo necesita ingerir este mineral (Haug et al., 2007).

2.1 Péptidos bioactivos

Las proteínas de la leche al hidrolizarse generan varios fragmentos, llamados péptidos, dentro de los cuales algunos son biológicamente activos, es decir aportan beneficios a la salud. De acuerdo a sus efectos biológicos los péptidos reportados son antibacterianos, antioxidantes, acarreadores de minerales, citomoduladores, antitrombóticos, opioides, inmunomoduladores y antihipertensivos (Haque et al., 2009).

Cuando los péptidos se encuentran formando parte de las proteínas no pueden ejercer su función bioactiva, por lo que éstos deben liberarse por medio de hidrólisis enzimática, la cual se lleva a cabo ya sea por enzimas digestivas o por la fermentación microbiana. En el primer caso, la pepsina, tripsina, quimiotripsina y pancreatina son las enzimas gastrointestinales que producen péptidos bioactivos. Mientras que, en el segundo caso, las proteasas y peptidasas producidas por las bacterias ácido lácticas (BAL) hidrolizan las proteínas de la leche durante la fermentación (Rodríguez-Hernández et al., 2014).

Se ha logrado aislar una cantidad importante de péptidos bioactivos a partir de la leche y productos lácteos como suero, leches fermentadas, quesos y yogurt. En el caso del queso al aumentar el periodo de maduración, se aumenta también la concentración de péptidos bioactivos que se producen (Villamil et al., 2020).

A continuación, se mencionan algunos de los péptidos bioactivos reportados con propiedades antioxidante, antihipertensiva, opioide y reguladora del nivel de colesterol.

La hipertensión es una condición patológica mundial que aumenta drásticamente el riesgo de enfermedad cardiovascular.

La enzima convertidora de angiotensina (ACE) participa en la conversión de angiotensina-I en angiotensina-II (Pihlanto et al., 2010), el cual es un potente vasoconstrictor. Algunos péptidos bioactivos inhiben la ACE, dando como resultado un efecto antihipertensivo, tal es el caso del dipéptido Tyr-Pro aislado de proteínas del suero de la leche, péptidos provenientes de las β-lactoglobulinas como Leu-Ala-Met-Ala, Ala-Gly-Thr-Trp-Tyr y Val-Phe-Lys, fragmentos de las α-lactoalbúminas Trp-Leu-Ala-His-Lys y Tyr-Gly-Leu, la fracción Thr-Thr-Met-Pro-Leu-Trp de las caseínas α_{s1} y la fracción 206-208 de las caseínas α_{s2} (Korhonen y Pihlanto 2006).

Por otra parte, se ha reportado que la lactostatina, un péptido aislado de la β -lactoglobulina participa en la regulación del colesterol sérico, reduciendo la absorción del colesterol en el intestino.

Los sistemas endócrino, inmunológico y nervioso poseen receptores opioides, éstos son agentes que se adhieren a los receptores del dolor o inhiben a los neurotransmisores relacionados con éste. Algunas moléculas, llamadas opioides actúan relajando músculos lisos. Los fragmentos β -lactorfina y β -casomorfina, los cuales son péptidos que provienen de la β -caseína, se han reconocido como péptidos opiodes, ofreciendo un efecto similar al de la morfina (Rodríguez-Hernández et al., 2014).

3. Beneficios en el tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles

Actualmente existe un gran número de estudios en los que se reporta el efecto que tiene el consumo de leche de vaca y productos lácteos en distintas enfermedades crónicas no transmitibles como la obesidad, diabetes, enfermedad cardiovascular,

osteoporosis, cáncer, entre otras. A continuación, hablaremos de estos beneficios.

3.1 Obesidad y diabetes mellitus tipo 2 (DM2)

A diferencia de lo que comúnmente se creía, los alimentos lácteos tienen un impacto positivo en el control del peso durante todas las etapas de la vida, esto se asocia con su importante contenido de proteínas, lípidos y calcio. Aparicio et al (2019) mencionan que en el caso de "dietas sin restricción energética el aumento del consumo de lácteos no afecta al peso o a la composición corporal", y en casos donde sí hay una restricción energética se observa una disminución en el peso y grasa corporal. Los autores concluyeron que "el consumo de queso, leche entera o desnatada no se asocia a cambios en el peso, pero sí con disminuciones de la grasa corporal y aumentos de la masa muscular". Por lo tanto, si se quiere prevenir o controlar el aumento de peso, se debe considerar el tipo de producto lácteo y la cantidad que se consume de éste, en lugar del contenido en grasa que poseen.

Diversos estudios han publicado que el consumo de productos lácteos disminuye el riesgo de aparición de DM2. Aunque existen diferentes variables en esta enfermedad en un estudio se demostró que al suministrar pequeñas dosis de proteína de suero antes del desayuno y la comida se mejoraba la glucemia postprandial y se estimulaba la excreción de insulina, además de aumentar la saciedad en las personas con DM2 (Salas-Salvadó et al 2018).

En otro estudio sobre el consumo de productos lácteos se reportó que la ingesta de leche disminuye el desarrollo de DM2 (Uscanga-Domínguez et al.,2019). Por lo que un incremento en el consumo diario de productos lácteos puede contribuir a la

prevención de esta enfermedad.

3.2 Enfermedad cardiovascular

En la grasa láctea presente en la leche, se encuentra una fuente de ácidos grasos de cadena corta a media como el butírico, caprílico, caproico y cáprico; los triglicéridos de estos ácidos grasos se hidrolizan durante la digestión y entran al sistema circulatorio a través del intestino, sin que se lleve a cabo una resíntesis de triglicéridos en las células intestinales. Se utilizan como fuente de energía rápida y esto permite que haya una baja probabilidad de acumularse en el tejido adiposo, de esta forma se evita un efecto en la concentración de colesterol en la sangre (Salas-Salvadó et al., 2018).

Varios son los estudios científicos en los que se ha comprobado que el consumo de leche de vaca y productos lácteos ya sea enteros o desnatados, no tiene una asociación directa con enfermedades cardiovasculares y sí aportan cantidades importantes de riboflavina, folatos, piridoxina y calcio, los cuales moderan la presencia de homocisteína y esto contribuye a la estabilidad de la presión arterial. Gholami et al, (2017) reportó una reducción en el riesgo de infarto, enfermedad isquémica y accidente cerebrovascular en personas que incluyen en su dieta diaria productos lácteos. Como lo menciona el autor, no todos los ácidos grasos presentes en la leche poseen un efecto igual en la concentración plasmática de colesterol: los ácidos grasos insaturados como el oleico, palmitoleico y una pequeña porción de ácidos grasos poliinsaturados como el linoleico y alfa-linolénico tienen efectos favorables sobre el colesterol plasmático.

Villamil et al (2020), realizaron un estudio clínico con personas en un rango de edad de 45 a 75 años en Australia, el cual mostró que consumir tres porciones de productos

lácteos al día ayuda a mejorar diferentes indicadores cardiovasculares como la presión arterial, frecuencia cardiaca, triglicéridos y el colesterol bueno (HDL). Además, hay evidencia de que las proteínas del suero y algunas caseínas producen péptidos bioactivos y que éstos no permiten la formación de enlaces de fibrinógeno-trombina, por lo que se reduce el riesgo de formación de trombos, los principales péptidos antitrombóticos son llamados casoplatelinas (Rodríguez-Hernández et al., 2014).

3.3 Cáncer

Una de las grandes polémicas que giran alrededor del consumo de leche de vaca o de productos lácteos es si existe o no algún vínculo con el cáncer. Recientemente se reportó que la ingesta de leche, así como sus derivados no tienen ninguna relación con el riesgo de padecer cáncer. El estudio se realizó también en subgrupos y se tomó en cuenta la ingesta de leche, queso, yogurt y mantequilla tanto en hombres como en mujeres, concluyendo la misma falta de asociación (Lu, et al., 2016).

Un consumo habitual de productos lácteos tiene un efecto positivo, ya que se reduce 24% el riesgo de padecer cáncer colorrectal y en particular el consumo de leche se asocia con una reducción del 28%. Esto puede deberse a la combinación de calcio en los productos lácteos con los ácidos grasos, lo que previene los efectos cancerígenos en el epitelio colorrectal e induce la muerte de células anormales. También hay estudios que reportan una reducción en el riesgo de padecer cáncer de vejiga en un 22%, con un consumo frecuente de productos lácteos fermentados.

3.4 Osteoporosis

El calcio de la leche cuenta con elevada biodisponibilidad y es fácilmente absorbible, por lo que las personas que consumen frecuentemente productos lácteos tienen un contenido mineral óseo mayor, lo que avuda considerablemente a evitar la desmineralización ósea que puede causar osteoporosis o fracturas. Una baja ingesta de productos lácteos y específicamente de leche durante las primeras etapas de la vida se ha asociado científicamente con un aumento en el riesgo de sufrir fracturas de tipo osteoporóticas durante o después de la etapa adulta, el riesgo es mayor en el caso de las mujeres. Esto se pudo reflejar en un estudio realizado por Kalkwarf et al (2003) con muieres de 20 años en adelante, encontrándose que las mujeres que durante su infancia v adolescencia consumían a la semana menos de una porción de leche de vaca, presentaron doble riesgo de padecer fracturas osteoporóticas que aquellas mujeres que consumían más de una porción de leche al día en esas etapas de su vida.

3.5 Enfermedades hepáticas

El suero de la leche de vaca que se obtiene del proceso de elaboración de quesos aporta un elevado contenido de cisteína, un aminoácido que se utiliza como precursor para la síntesis de proteínas y distintas moléculas esenciales, como el glutatión, la taurina y la coenzima A. El glutatión es un tripéptido constituido por los aminoácidos glutamato, cisteína y glicina, éste se produce en el hígado y sobresale su fuerte efecto antioxidante beneficioso para la salud como detoxificante. Además, es la forma en la cual la cisteína se exporta a los tejidos extrahepáticos (Zeballos, 2011).

Por otra parte, las proteínas del suero podrían ser consideradas de importancia clínica dado que en Suiza se llevó a cabo un estudio en el que participaron un grupo de mujeres que presentaban hígado graso y a las cuales se les administró el tratamiento con suero de leche, los resultados arrojaron una reducción de esteatosis y un nivel de lípidos en sangre estable (Bartolotti et al., 2011).

En el caso de las personas que presenten padecimiento de hígado graso no alcohólico, se sugiere consumir de 2 a 4 porciones de productos lácteos al día, tales como leche, quesos y yogurt.

En lo que se refiere a la hepatitis aguda y la cirrosis hepática compensada, de acuerdo con estudios científicos realizados en la actualidad no existe restricción en la ingesta de productos lácteos. Mientras que, en el caso de la encefalopatía hepática, el uso de disacáridos como lactosa, lactulosa y lactitol suelen ayudar a disminuir la producción de amonio y a su vez su absorción en el intestino (Bartolotti et al., 2011).

Es importante mencionar que la información proporcionada sobre el consumo de lácteos en enfermedades hepáticas es escasa, sin embargo, con la información presente se concluye que la leche y sus productos derivados se pueden consumir.

3.6 Sistema gastrointestinal

Las proteínas y péptidos provenientes de la leche de vaca influyen en la regulación de enzimas digestivas y pueden mejorar la absorción de nutrientes en el intestino. Caroli et al (2011), mencionan que los caseinofosfopéptidos (péptidos fosforilados que se obtienen de las caseínas), pueden unirse al zinc, calcio y hierro, favoreciendo la absorción de estos minerales en el intestino. Los caseinofosfopéptidos se distinguen por tener tres grupos de fosfoserina y dos residuos de ácido glutámico. Huerta (2015) señala que particularmente estos péptidos se encuentran en la secuencia α_S1-CN f (66-70), α_S2-CN f (8-12), α S2-CN f (56-60) y β-CN f (1721). Especialmente en un estudio se encontró que los concentrados de péptidos de proteína de la leche causan apoptosis (muerte celular programada) en las células (HT-29) cancerosas localizadas en el colon (Kreider et al.,2011).

Otro beneficio que presentan los péptidos bioactivos derivados de fragmentos de la k-caseína y lactoferrina es que estimulan el crecimiento de probióticos en el tracto gastrointestinal, por ejemplo, las bifidobacterias. También muestran actividad antimicrobiana frente a microorganismos patógenos, como Staphylococcus spp., Sarcina spp., Bacillus spp., Diplococcus spp., Streptococcus spp., Candida albicans, Escherichia coli, por mencionar algunos (Hernández-Ledesma et al., 2002).

Por otra parte, el vaciamiento gástrico es un proceso natural que ocurre en el estómago, en un organismo normal (dependiendo del tipo de alimentos que se hayan ingerido) su proceso conlleva alrededor de 4 horas en realizarse posteriores al consumo de alimentos. En un estudio en el que la leche se espesó con maltodextrina o harina de arroz con contenido calórico similar, se evaluó si la consistencia de la leche desnatada interviene o afecta el vaciamiento gástrico en personas que tienen una difícil digestión de lactosa y en personas que no tienen esta condición, observándose que el vaciamiento gástrico no se ve afectado según la viscosidad de la bebida láctea y tampoco por la digestión deficiente de la lactosa (Uscanga-Domínguez et al., 2019). Por lo que se infiere que éste no se altera o modifica tras la ingesta de leche.

3.7 Sistema inmunológico

Como vimos anteriormente, de la hidrólisis de α-lactoalbúmina y β-lactoglobulina se generan péptidos bioactivos inmunomoduladores, es decir, que cambian las funciones biológicas de algunas proteínas las cuales tienen la capacidad de cambiar el sistema inmunológico de diversas formas, como es la proliferación de linfocitos. Kayser y Meisel (1996) observaron que la proliferación de linfocitos aumenta significativamente en presencia de péptidos como β-casomorfina-7, β-casomorfina-10, Tyr-Gly-Gly v Tvr-Glv. Además, hav un incremento en actividad fagocítica en algunos macrófagos, aumento en la producción de anticuerpos, estimulación de inmunoglobulinas y regulación de citoquinas las cuales al ser una red de intermediarios participan en distintas funciones inmunológicas en el organismo. La lactoferricina (péptido derivado de la lactoferrina) inhibe la acción de citoquinas liberadas por la isoleucina y tiene la capacidad de penetrar la membra nuclear y así unirse al DNA o actuar como factor de transcripción (Martínez y Martínez, 2006). La lactoferricina tiene una actividad bactericida más potente que la propia lactoferrina e inhibe el desarrollo de numerosos patógenos y la replicación de algunos virus como el herpes simplex tipo 1 y 2 y hepatitis C. Haque et al (2009) asocian estas propiedades a la presencia de residuos de triptófano, arginina y glutamina presentes en el péptido.

4. Consumo de leche de vaca en adultos mayores

Consumir leche de vaca y productos lácteos en la edad adulta, sobre todo en la población mayor de 60 años conlleva diferentes ventajas, aunque lo adultos mayores consumen de manera muy limitada este tipo de productos debido a que algunos los han restringido o eliminado de su

alimentación diaria por ser intolerantes a la lactosa; sin embargo, actualmente existen productos comerciales deslactosados que pueden consumir. Los nutrientes que aportan los productos lácteos y en especial la leche ayudan a hacer mas saludable el proceso de envejecimiento ya que promueven la salud cardiovascular, gastrointestinal, inmunológica, metabólica y mineralización ósea. También pueden aportar beneficios significativos en la salud muscular, existe evidencia de que el consumo de productos lácteos está asociado a la composición corporal de las personas mayores, lo que se relaciona con el alto contenido de compuestos bioactivos, así como de aminoácidos ramificados presentes en la proteína de suero (isoleucina y valina). Radavelli-Bagatini et al (2014) estudió la relación entre el consumo de productos lácteos con la estructura ósea periférica y la composición muscular en mujeres mayores de 80 años encontrando una correlación positiva del consumo de productos lácteos tanto con la masa muscular como en la mineralización ósea apendicular, la cual incluye a los huesos de la cintura escapular y pelviana, así como a los miembros superiores e inferiores. Reportándose que una dosis de 2.8 porciones por día favorece ampliamente una mejor estructura ósea del esqueleto apendicular.

4.1 Recomendaciones de porciones de productos lácteos en la dieta diaria

Debido a su especial matriz alimentaria, contenido de calcio fácilmente absorbible, proteínas, vitaminas y equilibrio entre sus nutrientes, el consumo de lácteos es importante para mantener fuerte el sistema inmunológico y ayudar a prevenir diferentes enfermedades que puedan manifestarse a lo largo de la vida. La leche de vaca

y los productos lácteos no son fácilmente reemplazables por algún otro alimento o bebida ya que se tendrían que incluir productos enriquecidos o suplementos de estos componentes en la dieta. Las porciones recomendadas al día de leche de vaca y/o productos lácteos son las siguientes:

Población	Rango de edad	Porciones recomendadas		
Niños	1 a 3 años 4 a 8 años	2 porciones 3 porciones		
Adolescentes	9 a 18 años	3 a 4 porciones		
Adultos	19 a 50 años Mayores de 50 años	3 porciones 3 a 4 porciones		
Embarazadas	arazadas			
Mujeres en lactancia		Mínimo 3 porciones, lo ideal 4.		

En cuanto a los niños, se hace referencia a aquellos que ya han terminado la etapa de lactancia, ya que se considera importante que la alimentación durante el primer año de vida sea exclusiva de leche materna, esto de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud.

5. Conclusiones

La evidencia científica que se presento apoya el consumo de leche de vaca y productos lácteos dado que estos contribuyen a la nutrición del humano en todas las etapas de la vida. Además, también se obtienen beneficios importantes en las enfermedades crónicas no transmisibles debido a las interacciones de los componentes de la leche. Por lo que es recomendable el consumo de leche de vaca y productos lácteos de acuerdo con las recomendaciones de las guías de alimentación.

Referencias

Aparicio, A., Mora, A.M., Bermejo, L.M.,

Rodríguez-Rodríguez, E., Ortega, R.M. y López-Sobaler A.M. Matriz láctea: beneficios nutricionales y sanitarios de la interrelación entre sus nutrientes. Nutr. Hosp, 37[2], pp.13-17, 2020.

Aparicio, A., Rodríguez-Rodríguez, E., Lorenzo-Mora, A.m., Sánchez-Rodríguez, P., Ortega, R.M. y López-Sobaler A.M. Mitos y falacias en relación con el consumo de productos lácteos. Nutr. Hosp, 36[3], pp.20-24, 2019.

Bartolotti, M., Maiolo, E., Corazza, M. y Schneiter, P. Effects of a whey protein supplementation on intrahepatocellular lipids in obese female patients. Clin. Nutr. Metab, 30[4], pp.494-498, 2011.

Broersen K. Milk processing affects structure, bioavailability and immunogenicity of β-lactoglobulin. Foods, 9, pp874, 2020.

Calvache, G.I. y Navas P.A. Factores que

influyen en la composición nutricional de la leche. Rev. Cienc. Anim, 5, pp.73-85, 2012.

Calvo, M.V., Castro-Gómez, A., García-Serrano, L.M., Rodríguez-Alcalá, M., Iglesias, J. y Fontecha, A. Grasa láctea: una fuente natural de compuestos bioactivos. Alim. Nutr. Salud, 21[3], pp.57-63, 2014.

Caroli, A., Poli, A., Ricotta, D., Banfi, G. y Cocchi, D. Dairy intake and bone health: a viewpoint from the state of the art. J. Dairy Sci, 94[11], pp.5249-5262, 2011.

Gholami, F., Khoramdad, M. y Esmailnasab, N. The effect of dairy consumption on the prevention of cardiovascular diseases: A meta-analysis of prospective studies. J. Cardiovasc. Thorac. Res, 9[1], pp.1-11, 2017.

Haque, E., Chand, R. y Kapila, S. Biofunctional properties of bioactive peptides of milk origin. Food Rev. Int, 25[1], pp.28-43, 2009.

Haug, A., Hostmark, A. y Harstad, O. Bovine milk in human nutrition: a review. Lipids Health Dis, 6[25], pp.1-16, 2007

Hernández-Ledesma, B., Recio, I. y Ramos, M. Preparation of ovine and caprine β-lactoglobulin hydrolysates with ACE-inhibitory activity. Identication of active peptides from caprine b-lactoglobulin hydrolysed with thermolysin. Int. Dairy J, 12, pp.805-812, 2002

Huerta, C. E. Obtención de péptidos alimentarios mediante hidrólisis enzimática con efectos sobre la salud intestinal. Universidad Complutense de Madrid, Tesis doctoral, pp.54-63, 2015.

Kalkwarf, H.J., Khoury, J.C. y Lanphear, B.P. Milk intake during childhood and adolescence, adult bone density, and os-

teoporotic fractures in US women. Am. J. Clin. Nutr, 77[1], 257-265, 2003.

Kayser, H. y Meisel, H. Stimulation of human peripheral blood lymphocytes by bioactive peptides derived from bovine milk proteins. FEBS Lett, 383[1-2], pp.18-20, 1996.

Kreider, R.B., Losia, M., Cooke, M., Hudson, G., Rasmussen, C., Chen, H., Mollstedt, O. y Tsai, M. H. Bioactive properties and clinical safety of a novel milk protein peptide. Nutr. J, 10[99], pp.1-8, 2011.

Korhonen, H. J. T., y Pihlanto, A. Bioactive peptides: production and functionality. Int. Dairy J, 16, pp.945–960, 2006.

Lu, W., Chen, H. y Niu, Y. Dairy products intake and cancer mortality risk: a metaanalysis of 11 population-based cohort studies. Nutr. J, 15[1], pp.91, 2016.

Martínez A.O. y Martínez V.M.E. Proteínas y péptidos en nutrición enteral. Nutr. Hosp, 21[2], pp.1-14, 2006.

Radavelli-Bagatini, S., Zhu, K. y Lewis, J.R. Dairy food intake, peripheral bone structure, and muscle mass in elderly ambulatory women. J Bone Miner Res, 29[1], pp.1691-1700, 2014.

Pihlanto, A., Virtanen, T. y Korhonen, H. Angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activity and antihypertensive effect of fermented milk. Int. Dairy J, 20, pp.3-10, 2010.

Rodríguez-Hernández, G., Rentería-Monterrubio, A. L., Rodríguez-Figueroa, J. C. y Chávez-Martínez, A. Biopéptidos en la leche y sus derivados. Funcionamiento y beneficios a la salud. Ecosist.recur. agro-

peacuarios, 1[3], pp.281-294, 2014. Salas-Salvadó, J., Babio, N. y Juaréz-Iglesias, M. The importance of dairy products for cardiovascular health: whole or low fat? Nutr. Hosp, 35[6], pp.1479-1490, 2018.

Villamil, A. B., Robelto, G. E. y Mendoza, M.C. Development and health implications of functional dairy food products: A review. Rev. Chilena Nutr, 47[6], pp.1018-1028, 2020.

Uscanga-Domínguez, L.F., Orozco-García, I. J. y Vázquez-Frias, R. Posición técnica sobre la leche y derivados lácteos en la salud y en la enfermedad del adulto. Rev. Gastroenterol. Méx, 84[3], pp.357-371, 2019.

Zeballos, J. S. Caracterización bioquímica de la cistationina β-sintasa: Propiedades redox del hemo y reactividad de su producto, el sulfuro de hidrogeno. Centro de Investigaciones Biomédicas Universidad de la República, Tesis doctoral, pp.9-11, 2011.

COVID-19 y aprovedhamiento de recursos naturales en Tabasco, México



Resumen

El estado de Tabasco es rico en recursos naturales como plantas y animales silvestres. El objetivo fue conocer el efecto de la pandemia COVID-19 sobre su uso y abundancia. Como hipótesis se esperaba que un mayor aprovechamiento produciría una abundancia baja de recursos, o lo contrario. A partir del 20 de marzo de 2020 se aplicó una encuesta de 27 preguntas a 1963 usuarios de los recursos. La apreciación del aprovechamiento durante la pandemia fue mas de un aprovechamiento alto, y la apreciación de alta abundancia fue mayor antes de la pandemia que actualmente. A diferencia de otros estudios, en Tabasco la pandemia ha producido una mayor explotación de los recursos naturales.

Palabras clave: encuesta; virus; local; rural

Abstract

The state of Tabasco is rich in natural resources such as wild plants and animals. The objective was to know the effect of the COVID-19 pandemic on its use and abundance. As a hypothesis, it was expected that a greater use would produce a low abundance of resources, or the opposite. As of March 20, 2020, a survey of 27 questions was applied to 1,963 resource users. The appreciation of use during the pandemic was more of high use, and the appreciation of high abundance was higher before the pandemic than it is today. Unlike other studies, the pandemic in Tabasco has produced a greater exploitation of natural resources.

Keywords: survey; virus; local; rural

Introducción

Por todos es sabido que al final del 2019 se originó en China una pandemia causada

por el virus COVID-19 que en la actualidad está presente en mas de 200 países y ha causado al día de hoy (18 Feb 2022) la infección en alrededor de 421 millones y muerte en mas de 5.87 millones de personas a nivel mundial (Coronavirus Resource Center). Para el caso de México las cifras son de 5,366,400 contagios y 314,600 muertes, y para el estado de Tabasco en particular, 186,865 contagios y 5,947 muertes (Coronavirus Resource Center). Oficialmente el mundo todavía sigue en pandemia (Organización Mundial de la Salud) ya que el virus ha presentado un gran número de variantes de las que han sobresalido por su afectación a la salud humana, la alfa, beta, delta y omicron entre otras. En el caso de México, todavía se solicita a la población el uso de medidas preventivas como distancia mínima, gel antibacterial y cubrebocas. Al día de hoy (18 Feb 2022) ya se encuentra vacunado el 70% de la población a partir de los 14 años de edad y la vacunación de toda la población continua a nivel mundial.

Esta pandemia ha causado a nivel global, recesión económica, desempleo, cambios en el estilo de vida, y muchos otros daños y perjuicios entre los que también se encuentran los causados a los recursos naturales, va que ha tenido efectos significativos sobre la abundancia, diversidad y distribución de la flora y fauna (Soto et al. 2021). Particularmente se ha observado una tendencia al aumento de abundancia de varias especies animales (Gilby et al. 2021). Las causas de este incremento de observaciones se extendieron a la disminución de contaminación, ruido, actividad v presencia humana (Soto et al. 2021). Como consecuencia de este cambio en las actividades humanas, la pandemia del coronavirus SARS-CoV-2 también ha impactado directamente el aprovechamiento de los recursos naturales.

El estado de Tabasco se localiza en el sureste de México y tiene una superficie de 25,267 km2 y un clima tropical con temperatura y precipitación media anual de 27° C y 2,550 mm, respectivamente. El 56% de su superficie son pastizales, 15.5% agricultura, 20.5% humedales, 5% vegetación arbolada y el 3% restante, otros tipos de vegetación cuerpos de agua y áreas urbanas. Por lo anterior, la abundancia de los recursos naturales es amplia e históricamente ha sido importante en su estilo de vida v economía local. Existe una gran cantidad de especies vegetales y animales en los diversos ecosistemas terrestres y acuáticos del estado que se utilizan como recurso natural por los pobladores, de los cuales hasta la fecha no existe un inventario completo. A la fecha existen pocos trabajos que documenten el uso y aprovechamiento de los recursos naturales de Tabasco, sin embargo se sabe que estos comprenden básicamente productos maderables, no maderables, flora y fauna terrestre y acuática, que se utilizan como alimentos, plantas medicinales y elaboración de artesanías (Anexo). Por ejemplo, en el área denominada Los Pantanos de Centla, se han identificado alrededor de 260 especies, de ellas, 76 son alimenticias o medicinales y algunas pueden ser usadas para la construcción, cercos vivos y combustible.

Por otro lado, un año después del inicio de la actual pandemia a partir de marzo de 2020, el desempleo en el estado de Tabasco llegó a aumentar a un 8.02% (ENOE 2021), sobretodo en las zonas rurales con presencia de recursos naturales.

El presente estudio tiene como finalidad conocer la afectación de la actual pandemia COVID-19 sobre el aprovechamiento y en consecuencia, abundancia de los recursos naturales locales del estado de Tabasco

a través de los posibles cambios en su uso, antes y durante la pandemia. El estudio no está basado en una estimación directa de su abundancia, sino en la apreciación subjetiva de una población representativa de sus usuarios, a través de encuestas.

Como hipótesis se planteó que durante la actual pandemia, la gente se quedó en casa por temor al virus, y la economía y las ventas de productos de los recursos naturales disminuyeron, y en consecuencia su explotación y aprovechamiento, lo cual pudo llevar a una recuperación en la abundancia de los recursos naturales. En síntesis se esperaba que menos aprovechamiento causaría mayor abundancia de recursos naturales. Como hipótesis alternativa se esperaba que durante la actual pandemia, aumentó la población local desempleada y en consecuencia el aprovechamiento de los recursos naturales para la obtención de alimento y venta de productos, disminuvendo la abundancia de los recursos naturales. En síntesis se esperaba que mas aprovechamiento causaría menos abundancia de recursos naturales.

Método

Los cuestionarios o encuestas, se utilizan para poner a prueba hipótesis de investigación cuando se requiere información de una población humana específica en este caso, usuarios de los recursos naturales; son herramientas adecuadas para abordar estudios del impacto humano en especies silvestres, y estudios interdisciplinarios que incluyen componentes ecológicos y no ecológicos (White et al. 2005).

Se elaboró una encuesta de 27 preguntas (link survey) sobre el aprovechamiento y abundancia de los recursos naturales antes y durante la pandemia. La encuesta se diseñó en Forms de Microsoft® y se

aplicó en forma anónima a usuarios de los recursos naturales. Los datos fueron colectados a través de teléfonos celulares. Cuatro preguntas fueron de datos del encuestado (localidad, sexo, edad), 16 sobre el grado de afectación de la pandemia sobre la abundancia y aprovechamiento de cinco categorías de los recursos naturales, siete preguntas sobre medidas sanitarias y hábitos adoptadas ante la pandemia, y una pregunta final abierta. Seis preguntas y sus respuestas fueron de tipo dicotómico (si, no; hombre, mujer), siete abiertas (cuatro de texto y tres numéricas) y 14 fueron ordinales en escala de Likert de tres y cuatro opciones (alto, moderado, bajo; menos, igual, mas; siempre, a veces, nunca; semana, quincena, mes, año) (Svensson 2001). La escala de Likert es una escala ordenada donde los encuestados eligen la opción que mas concuerda con su percepción. Para validar las escalas y su confiabilidad se utilizó la prueba de alfa de Cronbach. El método usado fue el de comparación de las varianzas de las respuestas (Ecuación 1).

$$\alpha = K / K - 1 \left[1 - \sum Vi / Vt \right] \quad (1)$$

donde K es el número de ítems o preguntas, Vi es la varianza de cada ítem y Vt es la varianza total de la escala.

Ese índice toma valores entre 0 y 1, y el rango recomendado es entre 0.8 y 0.9, ya que por debajo la confiabilidad es baja y por arriba indica duplicidad o redundancia de las preguntas de la encuesta.

Se siguieron las recomendaciones de White et al. (2005) tales como (i) la definición de una población objeto (usuarios de recursos naturales), (ii) los cuestionarios deben ser probados antes de usarse; (iii) el tamaño de muestra debe ser suficiente

para el análisis estadístico; (iv) el número de no encuestados se debe minimizar; (v) el formato de preguntas y respuestas se debe mantener lo mas simple posible; (vi) la estructura del cuestionario y los datos provenientes de la encuesta no deben mostrarse ambiguos en ninguna publicación.

La fecha de inicio de la pandemia se determinó como el 20 de marzo de 2020, si bien, su decreto oficial en México fue el 27 de marzo de 2020. La encuesta se proporcionó a través del link que se envió por correo electrónico a todos los estudiantes de nivel licenciatura de 10 planteles educativos de educación superior (50% del total del estado) de 10 municipios del estado de Tabasco. De esta forma, los alumnos llevaron la encuesta a su casa para aplicarla a familiares y conocidos que realizaran el uso o aprovechamiento de algún recurso natural. La encuesta se realizó durante 46 días (18 agosto al 7 de octubre de 2021) (Fig 1). Complementariamente, se visitaron mercados públicos de tres municipios del estado donde se encuestó a vendedores de productos naturales silvestres.

Análisis de datos

Los datos (tipo categórico) se analizaron con base en Svensson (2001). Para la comparación de dos proporciones o porcentajes y la obtención del intervalo de confianza de su diferencia se usó el error standard (SE) de su diferencia y el valor crítico de Z (1.96) al valor de P = 0.5 (Ecuaciones 2 y 3). Cualquier valor de $Z \ge 1.96$ es significativo a $P \le 0.05$. Se usó la prueba de ji².

$$SE(p_1 - p_2) = \sqrt{\left(\frac{p_1(100 - p_1)}{n_1} + \frac{p_2(100 - p_2)}{n_2}\right)}$$
(2)

Z = diferencia entre los valores porcentuales/SE (3)

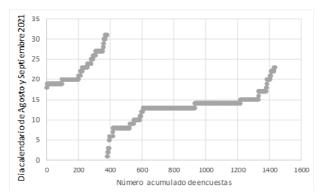


Fig. 1. Número acumulado de encuestas llenadas del 18 de agosto al 23 de septiembre de 2021.

Resultados Datos generales

Se registró un total de 1963 encuestas provenient!es de 1863 localidades de los 17 municipios del estado de Tabasco. El cuestionario tuvo un tiempo promedio de llenado de 7:45 min. El 54% de los usuarios de recursos naturales fueron hombres y el 46% mujeres, ambos entre los 17 y 91 años de edad con una moda de 21 años, y un 50.5% de encuestados entre los 17 y 22 años de edad. En comparación con el número de usuarios antes de la pandemia, el número de usuarios durante la pandemia aumentó en 59 más en todo el estado.

Las escalas de Likert de tres y cuatro opciones utilizadas en 14 preguntas presentaron un índice de α de Cronbach de 0.89 y 0.85 respectivamente.

El aprovechamiento de productos naturales con mayor frecuencia (semanal) antes y durante la pandemia fue de alimentos silvestres y productos maderables. El 22% de los encuestados realizó aprovechamiento de recursos naturales durante todo el año, básicamente de frutos diversos o leña, mientras que el 78% realizó el aprovecha-

miento de todo tipo de recursos durante meses específicos del año. Los meses con mayor aprovechamiento fueron marzo, abril y mayo (14% cada uno), y con menor aprovechamiento noviembre y diciembre (3% cada uno). Los recursos naturales son principalmente para uso familiar (45%), en donde una buena parte es para alimentos y usos diversos (45%), y solo un 10% son destinados para su venta en alguna forma, de los que la mitad reportó una disminución en la venta por la pandemia y el 22% un incremento. El 65% de los encuestados utiliza los recursos naturales para el consumo familiar, mientras que en el 19% constituyen parte del ingreso económico, y solo en el 15% constituye el principal ingreso económico familiar.

El 81% de los encuestados indica que aumentó su tiempo de permanencia en casa en comparación previo a la pandemia, mientras que solo el 6% permaneció menos tiempo en casa durante la pandemia (Z = 30.7, P = 0.000, IC = 70.2% a 79.8%),y el 13% reporta el mismo tiempo (Fig. 2). El 92% reporta usar medidas sanitarias siempre que salen de casa, el 7% a veces, y solo el 1% nunca, y el 34% reporta tener contacto con mas de cinco personas. El 43% de los encuestados no reportó contagio de COVID-19, mientras que del 57% que si presentó contagio el promedio fue de 1.7 integrantes por familia con una moda de 2 integrantes; varias familias con mas de 10 integrantes contagiados, y el 6.1% (178) de los contagiados declaró la muerte de al menos un familiar en casa a causa del COVID-19. Se presentó una relación (ji2 = 11.9, p = 0.001, gl = 1) entre los encuestados con contacto > 5 personas y presencia de COVID en casa, no obstante, esto no se debe establecer como una causa-efecto.

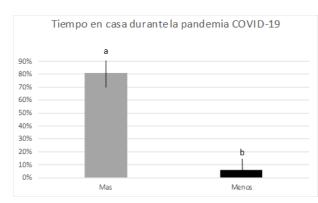


Fig. 2. Tiempo de permanencia en casa por los encuestados durante la pandemia COVID-19 en comparación a previo la pandemia.

Aprovechamiento y abundancia de los recursos naturales antes y durante la pandemia

Durante la pandemia la apreciación del aprovechamiento de los recursos naturales es mas de un aprovechamiento alto que de un aprovechamiento bajo (28% vs. 20%, Z = 2.39, P = 0.01), con una diferencia de 8% (IC = 1.4% a 14.5%) (Fig. 3).

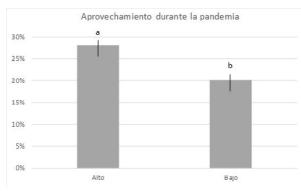


Figura 3. Apreciación cualitativa por 1,963 encuestados acerca del aprovechamiento de los recursos naturales en el estado de Tabasco después del 20 de marzo de 2020 (pandemia COVID-19).

La apreciación de abundancia alta de los recursos naturales es mayor antes de la pandemia que en la actualidad (57% vs. 11%, Z = 16.9, P = 0.000), con una diferencia de 46% (IC = 40.6% a 51.3%),

mientras que la apreciación de abundancia baja o escases de los recursos es mayor durante la pandemia actual que antes de la pandemia (43% vs. 4%, Z = 12.0, P = 0.000), con una diferencia de 39% (IC = 34.7% a 43.7%) (Fig. 4).

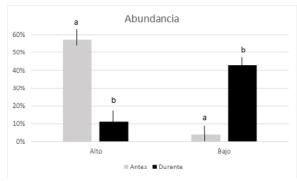


Figura 4. Apreciación cualitativa por 1,963 encuestados acerca de la abundancia de los recursos naturales en el estado de Tabasco antes y después del 20 de marzo de 2020 (pandemia COVID-19).

Aprovechamiento y abundancia de los recursos naturales por tipo de producto, antes y durante la pandemia

Los porcentajes de respuesta de los encuestados para el aprovechamiento y abundancia de los recursos naturales fueron similares para las diferentes categorías de productos (Tabla 1). El porcentaje de respuesta para el aprovechamiento alto antes de la pandemia varió del 28% al 35% según la categoría del producto, y del 27% al 29% durante la pandemia. Para el aprovechamiento bajo el porcentaje varió del 11% al 15% antes de la pandemia y del 17% al 19% durante la pandemia. Para la abundancia alta varió del 55% al 57% antes de la pandemia y del 12% al 13% durante la pandemia, y para la abundancia baja del 4% al 5% antes de la pandemia, y del 28% al 33% durante la pandemia (Tabla 1).

Aprovecha	miento	Plantas medicinales leña, carbón	Productos maderables, comestibles	Animales silvestres semillas, hojas de palma	Plantas, flores, silvestres comestibles	Plantas y frutos	Otros
Alto	Antes	34%	35%	32%	34%	35%	28%
	Durante	29%	27%	29%	29%	28%	27%
	Z	1.66	2.7	0.89	1.61	2.4	0.28
Bajo	Antes	13%	12%	12%	12%	11%	15%
	Durante	18%	17%	18%	17%	17%	19%
	Z	1.49	1.53	1.61	1.42	1.85	0.82
Abundan Alta	cia Antes Durante Z	57% 13% 14.9	56% 12% 15.2	55% 12% 13.1	57% 13% 14.6	57% 13% 15.4	57% 13% 10.0
Escasa	Antes	5%	5%	4%	5%	5%	4%
	Durante	32%	33%	32%	31%	32%	28%
	Z	12.5	8.6	7.9	7.6	8.4	4.8

Tabla 1. Aprovechamiento relativo y abundancia relativa de los diferentes tipos de productos naturales antes y durante la pandemia COVID-19 en el estado de Tabasco, México. Las diferencias significativas se muestran en negrita ($Z \ge 1.96$, $P \le 0.05$).

Las diferencias del aprovechamiento antes y durante la pandemia solo fue en dos categorías de los recursos naturales, mientras que las diferencias en la abundancia fueron en todas las categorías en los niveles alto y bajo. Antes de la pandemia predominó la abundancia alta de los recursos naturales y fue mayor que durante la pandemia, mientras que durante la pandemia predominó la categoría de abundancia baja de los recursos naturales siendo mayor que antes de la pandemia (Tabla 1).

Discusión Acerca de la metodología utilizada

Los estudios cualitativos algunas veces son percibidos como subjetivos, difíciles de entender, y propensos al sesgo, empero, a pesar de esto, han tenido hasta la actualidad gran presencia en la investigación científica, ya que en parte llenan un hueco con las emociones humanas que los estudios cuantitativos no pueden llenar (Rivero Jimenez et al. 2021). Cuantificar las percepciones de la gente está constituyendo un componente clave para traducir la ecología en gestión (White et al. 2005). En estudios sobre el comportamiento humano y su impacto en las especies silvestres (es decir, las percepciones sobre el uso y la explotación de los recursos naturales), los cuestionarios suelen ser el mejor medio para obtener datos cuantitativos de un gran número de sitios (White et al. 2003).

El presente estudio permite estimar en forma cualitativa la abundancia de los recursos naturales en el estado de Tabasco, que de manera objetiva o cuantitativa sería prácticamente imposible, ya que requeriría de un costoso muestreo en tiempo y recursos para poder tener datos directos en los diferentes tipos de ecosistemas y recursos naturales tanto terrestres como

acuáticos. Así también, en el presente estudio, la estimación directa del aprovechamiento de recursos naturales requeriría de un muestreo en múltiples locales y puntos de venta a lo largo del estado.

Aprovechamiento y abundancia de los recursos naturales antes y durante la pandemia

El presente estudio, a diferencia de otras localidades reportadas en el mundo (Soto et al. 2021), mostró que la presente pandemia Covid-19 sí causó un daño a los recursos naturales del estado de Tabasco al encontrarse en menor abundancia en comparación a su condición previa a la pandemia. Antes de la pandemia dominaba la abundancia alta de los recursos naturales y durante la pandemia domina la abundancia baja (Fig. 3). La población encuestada en el presente estudio representó el 0.2% de la población económicamente activa (+ 18 años) del estado de Tabasco (967,637 personas) al año 2021 (INEGI 2020), y corresponde a la población que se dedica al uso y aprovechamiento de los recursos naturales en el Estado.

Se pudo confirmar la hipótesis 2 referente a que la pérdida del empleo durante esta pandemia y un aumento de la población de usuarios locales de los recursos naturales para obtener alimentos y productos naturales para la venta, pudo ser la causa de la disminución de la abundancia de los recursos naturales. Durante la pandemia, los encuestados se refirieron con mayor frecuencia a una escases de los productos naturales en comparación a la abundancia previa a la pandemia (Fig. 4). La condición de los recursos naturales paso de ser de una abundancia alta a una abundancia moderada con la pandemia, ya que la condición de abundancia alta disminuyó de un 58% a un 13% de los encuestados. La condición de abundancia baja de los recursos naturales aumentó con la pandemia de un 4% a un 31%. La apreciación de abundancia alta de los recursos naturales disminuyó con la pandemia en un 46% de los encuestados.

No todos los tipos de productos presentaron el mismo comportamiento. En algunos productos disminuyó su aprovechamiento y en otros aumentó, y en algunos productos disminuyó su abundancia y en otros aumentó. El comportamiento de la abundancia de los diferentes tipos de productos (Tabla 1) influyó en su comportamiento general de abundancia (Fig. 4).

El estado de Tabasco sobresale como uno de los 31 estados de México con gran superficie de áreas forestales 711,675 ha (28% de la superficie forestal) (Secretaria de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático 2020) vs. área urbana, donde todavía hay una gran abundancia de recursos naturales y la gente local usa y vive mucho a partir de esta fuente de empleo. Así también, sobresale como uno de los estados de México que mas ha padecido daño económico y pérdida de empleo con la presente pandemia CO-VID-19, ya que durante el cuarto trimestre de 2020, Tabasco se ubicó como la segunda entidad del país con la tasa más alta de desocupación igual al 8% (ENOE 2021).

Los dos factores anteriores, la alta disponibilidad de recursos naturales cerca de los asentamientos humanos, y la alta pérdida de empleo durante esta pandemia, parecen apuntar como posibles causas del daño de la abundancia de los recursos naturales, en contraste a su recuperación, como ha sido documentada para otras localidades del mundo. Entre los datos que pueden ayudar a comprender este fenómeno es que en Tabasco hay relativamente mayor proporción de comunidades rurales, ya que 2,324 localidades son rurales vs. 148 urbanas; 59% de las localidades poblacionales del estado de Tabasco son urbanas vs. 41% rurales, comparado con el nivel nacional de 79% localidades urbanas vs. 21% en rurales (INEGI 2020).

En el presente estudio se puede concluir que las epidemias en el ser humano pueden causar un daño a los recursos naturales cuando la población se encuentra altamente ligada al factor socioeconómico local y asentada cerca de una alta riqueza de recursos naturales como en el caso de Tabasco, México.

Referencias

Coronavirus Resource Center [Internet], John Hopkins University of Medicine [consultado 17 Feb 2022], https://coronavirus.jhu.edu/map.html

Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), Población de 15 años y más de edad. Indicadores de Ocupación y Empleo, [Internet], https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/ [consultado 28 sept 2021].

Gilby, B.L.; Henderson, C.J.; Old, A.D.; et al. Potentially negative ecological consequences of animal redistribution on beaches during COVID-19 lockdown, *Biol. Cons.* 253, 108926, 2021.

INEGI. Instituto Nacional de Geografía e Informática [Internet], 2020. http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tab/poblacion/distribucion.aspx?tema=me&e=27

Rivero Jimenez B.; Conde-Caballero, D. y Juárez, L.M. Loneliness Among the El-

derly in Rural Contexts: A Mixed-Method Study Protocol, *Int. J. Qual. Meth.*, 20, pp. 1–9, 2021.

Secretaria de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático, Estrategia estatal de reducciones de emisiones por deforestación y degradación forestal de Tabasco (EEREEDDD+ Tabasco) 2020 – 2030, México, 2020, p. 144.

Soto, E.H.; Botero, C.M.; Milanes, C.B.; et al. How does the beach ecosystem change without tourists during COVID-19 lock-down? *Biol. Cons.*, 255, 108972, 2021.

Svensson, E. Guidelines to statistical evaluation of data from rating scales and questionnaires. J. *Rehab. Med.*, 33, pp. 47–48, 2001.

White, P.C.L.; Newton-Cross, G.A.; Moberly, R.L.; et al. The current and future management of wild mammals hunted with dogs in England and Wales. *J. Envir. Manag.*, 67, pp. 187-197, 2003.

White, P.C.L.; Jennings, N.V.; Renwick, A.R. et al. Questionnaires in ecology: a review of past use and recommendations for best practice. *J. App. Ecol.* 42, pp. 421–430, 2005.

Anexo

Nombres comunes de las especies mas comunes de uso y aprovechamiento de los recursos naturales en el estado de Tabasco (Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México Estado de Tabasco).

Maderables

Encino, chakté, nance, tachicón, mimosas, cassias, macuilís, macayo, palo mulato,

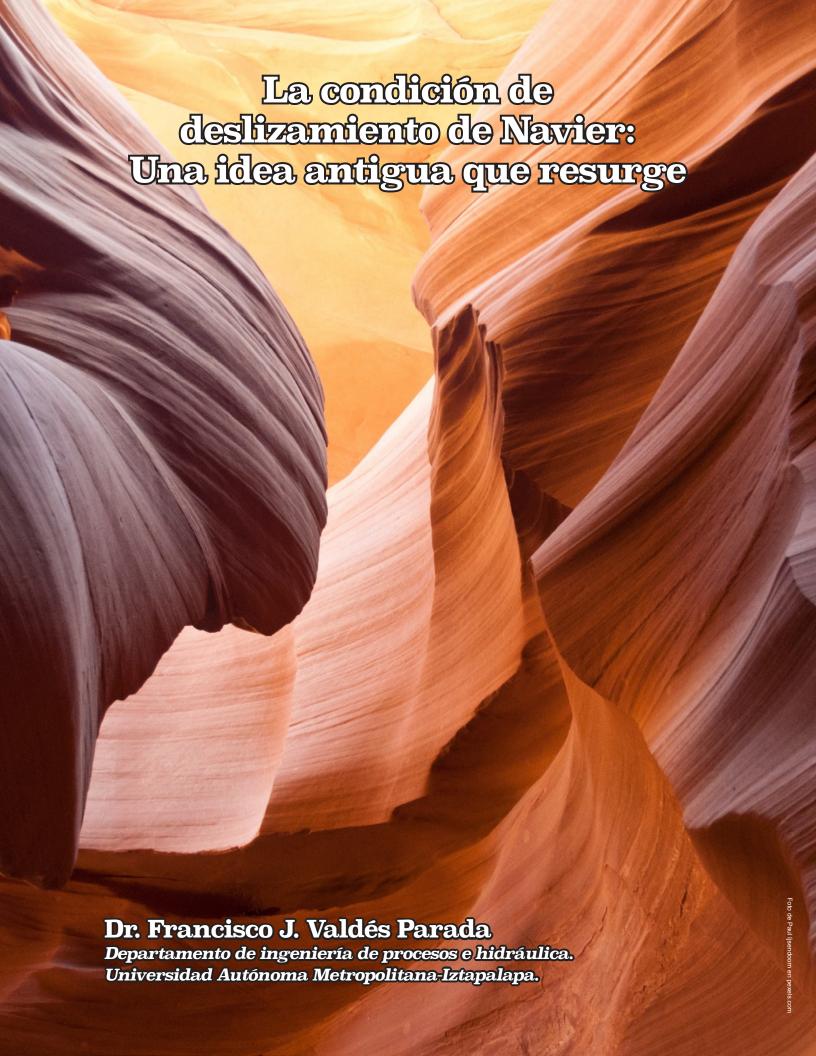
ceiba, acacias, tintales, guanacastle, cocohite, caracolillo, huapaque, barí amargoso, jobo, caoba, cedro y mangle para construcción y carbón vegetal.

Flora y plantas no maderables

Palma sabal, helechos y lianas, palma de coco, palma de abanico, palma redonda, palma real, guano largo, jahuacte, anona, bambú, árbol de papel lija, cocoyol, palma tasiste y palma brahea, bejucos y enredaderas, juncos, guácimo, guano yucateco, guano redondo, la uva de playa, el amaranto, don Diego de día, plátano enano, muste, anonillo y julube; tucuy; jícaro, hojas de tó o pantanola espadañal o cola de gato, jacinto de agua, crucetillo, lirio acuático, la lechuga, chintul, lengua de vaca, pan caliente, el sargazo, dormilona, pancillo, hoja de sol, guineo morado y enano, uspí, surumuflo y desde luego, plátano, cacao y cafeto. Capulín, popiste, ramoncillo, varios tipos de orquídeas, pimienta de Tabasco, pucté, majagua, zapote de agua, molinillo; son muy abundantes los árboles frutales, como el cuijinicuil, mamey, tamarindo, cocotero, papayo, guanábana, anona, pitahaya, nance, caimito, melocotón, corozo, chinín, aguacate, marañón, guayaba, toronja, limón agrio, limón real, naranja dulce y agria, ciruela, jondura, guaya y chicozapote. También hay hierbas como el chipilín, chaya, momo, perejil, epazote, ruda, toronjil, maguey, yerbabuena y cañafístola, jagua, Por otro lado, en el estado también se dan chiles, como el amashito, picopaloma, garbanzo, y tubérculos como la yuca y el macal.

Fauna

Mono araña, zaraguato, mapache, ardilla, codorníz, oso hormiguero, venado, armadillo, jabalí, puerco espín, tepezcuintle y conejo silvestre. Entre los innumerables peces que habitan en los lagos y corrientes se encuentran mojarra, pejelagarto, charal, topen, almeja de agua dulce y caracol. Entre los reptiles encontramos caiman, cocodrilo de Guatemala, tortuga mordedora, hicotea, pochitoque, guao, chiquiguao; también hay ranas, salamandras, sapos y, desde luego, un gran número de aves y pájaros, como pijijes, pato almendrero, garzas blancas, garzas negras y muchas aves acuáticas que son migrantes o visitantes de invierno; por ejemplo, el pato ánade cola larga, el trullo alas azules, la zarceta americana y el ganso de las nieves. Entre los pocos mamíferos que habitan en pantanos y lagos se encuentran el manatí, la nutria y la rata de arroz. La fauna de los manglares es el conjunto de especies de cangrejos y moluscos como las ostras, el mejillón ganchudo, la lepa, la jaiba y las almejas. Las lagunas salinas que bordean la costa de Tabasco contienen fauna acuática estrechamente asociada con el mar; en ellas viven especies de peces, como sábalo, pámpano, robalo y mojarra de mar. En las lagunas del Carmen, Machona, Pajonal v Mecoacán se reproduce en abundancia el ostión, la almeja y la jaiba.



Resumen

El flujo de fluidos se fundamenta en las ecuaciones de transporte de masa v de cantidad de movimiento, las cuales son ampliamente aceptadas en la comunidad científica. Sin embargo, el éxito en la aplicación de estas ecuaciones se ve comprometido si no se utilizan las condiciones de frontera adecuadas. En este trabajo se discute acerca de la condición de deslizamiento de Navier, la cual ha sido ignorada durante más de un siglo por la comunidad científica y en su lugar se ha usado una condición de no deslizamiento. Solo recientemente la condición de deslizamiento ha recobrado relevancia debido al tipo de aplicaciones actuales, donde el uso de la condición de no deslizamiento ha dejado de ser pertinente, por ejemplo, en aplicaciones que involucran medios porosos.

Palabras clave: Condición de deslizamiento, condiciones de frontera, superficies rugosas, flujo en medios porosos.

Abstract

Fluid flow is based on mass transport and momentum equations, which are widely accepted within the scientific community. However, the success in applying these equations is compromised if proper boundary conditions are not used. This paper discusses the Navier slip condition, which has been ignored for more than a century by the scientific community and a no-slip condition has been used instead. Only recently has the slip condition regained relevance due to the type of current applications, where the use of the no-slip condition is no longer justified, for example, in porous media applications.

Keywords: Slip conditions, boundary conditions, rough surfaces, flow in porous media.

1. Introducción

La historia de la mecánica de fluidos puede remontarse hasta los antiguos griegos quienes buscaron entender las fuerzas de flotación y usar la fuerza de los fluidos para beneficio de la sociedad. Sin embargo, los fundamentos físicos y matemáticos para explicar el flujo de fluidos se establecieron hasta los siglos XVII y XVIII con las notables aportaciones de Newton, Euler, Bernoulli, entre otros. Fue en el siglo XIX cuando se desarrollaron las ecuaciones fundamentales que describen el movimiento de fluidos, lo cual no fue sencillo e implicó un gran debate entre las comunidades de matemáticos, físicos e ingenieros de la época. Las discusiones culminaron en la formulación de la ecuación de Navier-Stokes. Esta ecuación solo pudo ser resuelta bajo condiciones de flujo reptante (es decir, sin inercia), las cuales no eran las que tenían el mayor interés práctico. Fue en el siglo XX cuando pudo llevarse a cabo la solución aproximada de esta ecuación usando métodos numéricos (Darrigol, 2005). De hecho, actualmente se cuenta con software computacional con el que es posible resolver estas ecuaciones en un tiempo considerablemente menor al que se requería, por ejemplo, hace 70 años. De hecho, la solución analítica de la ecuación de Navier-Stokes sigue siendo un reto hasta el momento y constituye uno de los problemas del milenio.

Es importante mencionar que la solución de una ecuación diferencial requiere de suficientes condiciones de frontera e iniciales, que deben considerarse durante la solución particular de la misma. Las condiciones de frontera e iniciales especifican los valores de las variables dependientes (y/o sus derivadas) en determinadas posiciones (condiciones de frontera) del sistema o bien el estado del sistema al inicio del

proceso (condiciones iniciales). De aquí se deduce que los resultados que se obtienen de las ecuaciones de Navier-Stokes no sólo dependen de las suposiciones implícitas en dichas ecuaciones, sino también de las condiciones de frontera utilizadas. En otras palabras, pueden tenerse las ecuaciones diferenciales correctas, pero si las condiciones de frontera no son adecuadas para el sistema que se esté estudiando, entonces el resultado final no será el correcto. El objetivo de este trabajo es discutir acerca de una condición de frontera que fue formulada en el siglo XIX por Navier y fue ignorada en la mayor parte del siglo XX y que en este siglo comienza a recobrar importancia en la comunidad científica. Para ello, el trabajo se organiza de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta una reseña sobre la condición de deslizamiento. desde sus inicios hasta la actualidad. Más adelante, se discuten sus aplicaciones en el flujo en medios porosos en la sección 3, seguidos de algunos comentarios finales. El texto está escrito en una forma no especializada para facilitar la comunicación de ideas. Sin embargo, se incluye un apéndice donde se presenta el formalismo matemático de la condición de deslizamiento.

2. Breve historia de la condición de deslizamiento

A principios del siglo XIX Navier (1822) tenía un dilema: había evidencia experimental de que el agua no fluía igual en la descarga de un tubo de vidrio que en otro de cobre a pesar de usar, para ambos casos, la misma fuerza impulsora (un gradiente de presión), mismo diámetro, longitud, etc. Navier había tenido éxito en el pasado al imponer que en la frontera entre un sólido inmóvil y un fluido viscoso la velocidad del fluido es la misma que la del sólido. A esta condición se le conoce como condición de no deslizamiento (ver figura 1a). Sin embar-

go, si la fuerza impulsora era la misma, las dimensiones del sistema eran las mismas, pero las velocidades de descarga eran distintas Navier ya no podía salvar la situación manteniendo la teoría exactamente igual. Fue entonces que propuso una condición de deslizamiento, en la cual la componente del vector de velocidad del fluido que es tangente a la superficie del sólido no es igual a la velocidad del sólido (ver figura 1b). La forma matemática de la condición de deslizamiento propuesta originalmente por Navier en 1822 se presenta en el apéndice. Gracias a esta formulación, Navier fue capaz de reproducir satisfactoriamente los resultados experimentales disponibles. Esta expresión fue deducida más adelante por Maxwell (1879) mediante su teoría de colisiones entre partículas. Más aún, la condición de deslizamiento de Navier es lo suficientemente versátil para reducirse a la condición de no deslizamiento, si así fuera el caso. Para entender esto último, es conveniente examinar los tres casos mostrados en la figura 1. En el primer caso no hay deslizamiento y la velocidad del fluido se reduce a cero en la frontera. En los otros dos casos se presenta un deslizamiento parcial y uno perfecto. En el deslizamiento parcial la velocidad del fluido no disminuye hasta cero en la interfase, pero el fluido es frenado por la presencia del sólido. En este caso, se define una distancia ficticia de penetración, λ, en la fase sólida en la cual se alcanzaría la condición de no deslizamiento. De esta forma, cuando $\lambda = 0$ se recupera la condición de no deslizamiento (ver el apéndice para la forma matemática de la condición de deslizamiento). Por último, en el deslizamiento perfecto, el fluido no es alterado por el sólido y mantiene su velocidad. En este caso $\lambda \rightarrow \infty$ ya que en ningún lugar disminuve la velocidad.

A pesar del éxito de Navier y Maxwell, la condición de deslizamiento no ganó popu-

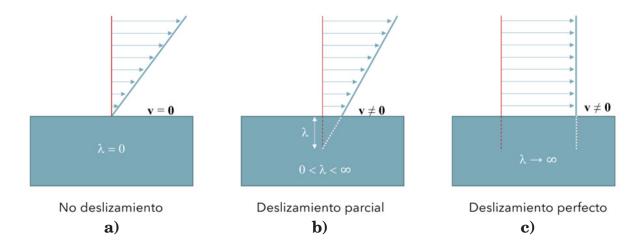


Figura 1: Esquema de tres tipos de deslizamiento entre un fluido y un sólido inmóvil:
a) en la condición de no deslizamiento la velocidad del fluido es cero,
b) en el deslizamiento parcial la velocidad del fluido se reduce, aunque no hasta cero en la frontera y c) en el deslizamiento perfecto la velocidad no es afectada por la presencia del sólido.
Estos tres tipos de interacción entre el fluido y el sólido pueden describirse en términos de la distancia ficticia de penetración (λ) del fluido en el sólido.

laridad por más de un siglo en la comunidad académica y científica. Al punto que actualmente son pocos los libros que mencionen la condición de deslizamiento de Navier y que dejen claro que la condición de no deslizamiento es una suposición que puede de hecho fallar en algunos casos. Esto se debe a que en muchas de las aplicaciones en física e ingeniería del siglo XX se obtenía una buena concordancia entre teoría v experimentos al imponer la condición de no deslizamiento debido al nivel de escala y régimen de flujo que se consideró. Sin embargo, en este siglo se ha notado que la condición de no deslizamiento no es adecuada para describir datos experimentales en aplicaciones que incluyen el transporte en medios porosos, microfluídica, sistemas biológicos, disposición final de residuos radiactivos, entre otras. Lo que tienen en común estas aplicaciones es que las fuerzas intermoleculares en el fluido son balanceadas por las fuerzas viscosas (o de corte) en la superficie del sólido. Lo anterior se traduce en que el flujo del

fluido es más rápido de lo que se obtendría si se usa la condición de no deslizamiento.

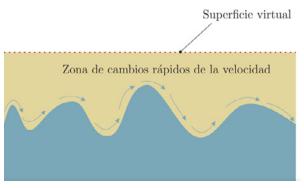


Figura 2: Esquema del flujo sobre una superficie rugosa identificando la zona de cambios rápidos de la velocidad y la superficie virtual.

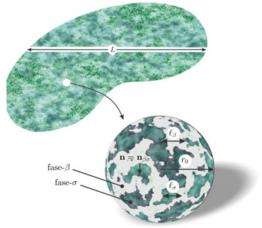
Aunado a lo anterior, existe otra situación importante en la que se puede encontrar una formulación matemática equivalente a la condición de deslizamiento de Navier. Esta situación corresponde al flujo de fluidos sobre superficies rugosas. En este tipo de aplicaciones, el describir detalladamente la rugosidad de las superficies puede ser computacionalmente prohibitivo, por lo

que se ha propuesto utilizar condiciones de frontera efectivas (ver, por ejemplo, Lacis y col., 2020). Esta formulación consiste en definir una superficie virtual a una cierta distancia de la frontera real en donde se deduce una condición de deslizamiento que captura la información esencial de lo que ocurre cerca de la frontera rugosa. Como se muestra en la figura 2, mediante esta superficie virtual se puede definir una zona de cambios rápidos de la velocidad, la cual se distingue de la zona de cambios más lentos ubicada por encima de la superficie virtual. Aunque evidentemente, el uso de condiciones de frontera efectivas es una aproximación de la realidad, se han obtenido resultados prometedores que sugieren su uso incluso bajo condiciones de flujo turbulento (Bottaro, 2019). Este es un tema de interés actual ya que el uso de superficies rugosas disminuye el arrastre viscoso en las superficies sólidas. Esto quiere decir, por ejemplo que, si se recubren las alas de un avión o el toldo de un auto con un material rugoso, podrá reducirse el consumo de combustible respecto a situaciones donde la superficie es lisa. Por último, es importante mencionar que el deslizamiento de un fluido puede también deberse a un gradiente de concentración como lo propusieron Kramers y Kistemaker (1943). La forma matemática de esta condición de deslizamiento se incluye en el apéndice, mientras que su significado físico es el siguiente: cuando los cambios en la concentración de una especie química en un fluido son tales que se genere un considerable gradiente de concentración en la superficie con el sólido, dicho gradiente puede promover el deslizamiento del fluido sobre la superficie del sólido.

3. Flujo de gases en medios porosos

De entre las múltiples aplicaciones del flujo deslizante, se escoge el flujo de gases

en medios porosos por su amplia gama de aplicaciones en sistemas de interés en ciencias básicas e ingeniería. Un medio poroso puede entenderse como un sistema constituido por una fase sólida (la cual puede ser rígida o deformable) y una o más fases fluidas. Por lo regular este tipo de sistemas involucran una separación de longitudes características entre la escala de poro (por ejemplo, el mayor diámetro de poro) y la escala del medio poroso (ver figura 3). En otras palabras, la longitud característica del sistema es varios órdenes de magnitud mayor que el diámetro de poro. Esta característica permite desarrollar modelos matemáticos que aplican en un nivel de escala intermedio entre la escala de poro y la escala del sistema completo a través de un proceso de escalamiento. Dicho procedimiento implica definir una región de promediado como la mostrada en la figura 3 para filtrar sistemáticamente la información no redundante proveniente del nivel de escala de poro. Por ello, estos modelos también se califican como de medio efectivo pues permiten concebir al sistema como si fuera un medio continuo (es decir como si fuera una pseudo-fase).



Región de promediado, V

Figura 3. Esquema de un medio poroso, incluyendo longitudes características y a la región de promediado.

Para el caso del flujo de gases en medios porosos es conveniente definir al número de Knudsen (Kn) como la razón entre la trayectoria libre media entre moléculas y la longitud característica en la escala de poro (Knudsen, 1950). Este número adimensional es de suma importancia ya que actualmente hay un cierto consenso en la literatura respecto a las implicaciones físicas de sus valores. En este sentido, para *Kn*<10⁻³, pueden usarse las ecuaciones de Navier-Stokes para describir el flujo en los poros junto con la condición de no deslizamiento en la interfase sólido-fluido al interior del medio poroso. Lo anterior se debe a que en estas condiciones el arrastre viscoso en la interfase es tal que frena por completo el movimiento del fluido. Más aún, para 10^{-3} <Kn< 10^{-1} aún puede utilizarse la ecuación de Navier-Stokes, pero debe usarse la condición de deslizamiento de Navier. El régimen comprendido entre $10^{-1} < Kn < 10$ es de transición y ya no pueden usarse las ecuaciones de Navier Stokes pues se viola la hipótesis del continuo en la que se fundamentan. En su lugar, pueden usarse aproximaciones de la ecuación de Boltzmann como son el modelo de Bhatnagar-Gross-Krook o las ecuaciones de Burnett. Por último, para *Kn>*10 deben usarse las ecuaciones de la teoría cinética de gases, lo cual complicaría mucho el desarrollo de modelos de medio efectivo por la cantidad de variables a considerar.

El primer modelo para el estudio del flujo en medios porosos lo reportó Darcy (1856) para flujo reptante, newtoniano y en estado estacionario en su estudio de las fuentes públicas de la ciudad de Dijon. Darcy propuso que la velocidad promedio en el medio poroso es directamente proporcional al gradiente de presión aplicado mediante un coeficiente de permeabilidad, el cual se divide entre la viscosidad del fluido. De

esta forma, el coeficiente de permeabilidad solo depende de la geometría de los poros en el sistema, pero no de las propiedades del fluido. Sin embargo, para el transporte de gases bajo condiciones de flujo deslizante, Klinkenberg (1941) notó que la permeabilidad debía depender de las condiciones de flujo y no solo de la geometría. Las propuestas de Darcy y Klinkenberg se hicieron de manera empírica y fue hasta la segunda mitad del siglo XX cuando se desarrollaron técnicas de escalamiento que permitieron deducir dichos modelos y darles el sustento físico que permite comprender las condiciones bajo las cuales son aplicables. Actualmente, se ha estudiado cómo el deslizamiento mejora el flujo a través de medios porosos en condiciones estacionarias, transitorias e incluso en las fronteras del medio poroso. Esto se traduce en la posibilidad de mejorar la estimación del flujo de fluidos y el transporte (ya sea de calor, masa o corriente eléctrica) en medios porosos. Entre algunas de las aplicaciones que tiene esta teoría están: el crecimiento de cristales (lo cual puede por ejemplo afectar los sistemas de propulsión de cohetes espaciales y misiles de largo alcance), procesos químicos catalíticos (como la pirólisis), el secuestro geológico de dióxido de carbono, la separación de gases de distintas densidades en fracturas y medios porosos, entre muchos otros.

4. Comentarios finales

En este trabajo se discutió acerca de la condición de deslizamiento de Navier, la cual, tras haber sido ignorada por mucho tiempo en la literatura, ha comenzado a recobrar su importancia en la comunidad científica. La importancia de esta condición de frontera es que permite encontrar las condiciones bajo las cuales es posible mejorar la representación del flujo tanto en superficies lisas como rugosas, así

como en medios porosos, entre muchas otras aplicaciones. En cuanto más se estudie este tema, de forma tanto teórica como experimental, se tendrán posibilidades de comprender y aprovechar el flujo de fluidos en una amplia variedad de sistemas.

Agradecimiento

El autor agradece sinceramente a Jessica Sánchez Vargas por sus comentarios y discusiones en la preparación del manuscrito.

Referencias

Bottaro, A. (2019). Flow over natural or engineered surfaces: an adjoint homogenization perspective. *Journal of Fluid Mechanics* 877, 1–91. Publisher: Cambridge University Press (CUP).

Darcy, H. (1856). Les fontaines publiques de la ville de Dijon : exposition et application des principes `a suivre et des formules `a employer dans les questions de distribution d'eau. V. Dalmont (Paris).

Darrigol, O. (2005). Worlds of Flow: A History of Hydrodynamics from the Bernoullis to Prandtl. Oxford University Press.

Klinkenberg, L.J. (1941). The permeability of porous media to liquids and gases. *American Petroleum Institute* 2, 200–213. Publisher: Oil Gas Scientific Research Project Institute.

Knudsen, M. (1950). *Kinetic Theory of Gases*. Third edition. Methuen's monographs on physical subjects.

Kramers, H.A., Kistemaker, J. (1943). On the slip of a diffusing gas mixture along a wall. *Physica* 10, 699–713. Publisher: Elsevier BV.

Lacis U., Sudhakar, Y., Pasche, S., Bagheri, S. (2020). Transfer of mass and mo-

mentum at rough and porous surfaces. Journal of Fluid Mechanics 884. Publisher: Cambridge University Press (CUP).

Maxwell, J.C. (1879). On stresses in rarefied gases arising from inequalities of temperature. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 170, 231-256.

Navier, M. (1822). Mémoire sur les lois du mouvement des fluides. volumen 6. l'Académie Royale des Sciences.

Apéndice A. Forma matemática de la condición de deslizamiento

El propósito de este apéndice es presentar las expresiones de la condición de deslizamiento en forma matemática. Como se expuso en la sección 2 hay dos formas principales de tener condiciones de deslizamiento: el deslizamiento molecular sobre superficies reales (considerado por Navier y Maxwell) y el deslizamiento efectivo sobre superficies virtuales. En el primer caso, la condición de deslizamiento se expresa como:

$$\mathbf{v} = -\lambda (\mathbf{I} - \mathbf{n}\mathbf{n}) \cdot [\mathbf{n} \cdot (\nabla \mathbf{v} + \nabla \mathbf{v}^{\mathrm{T}})],$$

en la interfase sólido-fluido (1)

En donde \mathbf{v} es la velocidad del fluido, \mathbf{n} es el vector unitario dirigido de la fase fluida hacia el sólido, \mathbf{I} es el tensor de identidad. Por último, λ es la longitud de deslizamiento y representa la distancia ficticia a la cual tendría que extenderse el perfil de velocidad dentro del sólido para llegar a una condición de no deslizamiento (ver figura 1b). Para el caso ideal en el que el deslizamiento fuera perfecto, $\lambda \rightarrow \infty$ como se ilustra en la figura 1c). Note que, si se lleva a cabo el producto punto en ambos lados de la ecuación anterior con \mathbf{n} , el resultado es $\mathbf{n} \cdot \mathbf{v} = 0$, lo cual indica que no

hay transferencia de masa entre el fluido y el sólido y que el sólido está fijo.

Para comprender mejor el significado físico de la ecuación (1), es conveniente definir al *tensor de esfuerzos totales* para un fluido newtoniano e incompresible como:

$$\mathbf{T} = -\mathbf{I}p + \mu \left(\nabla \mathbf{v} + \nabla \mathbf{v}^{\mathrm{T}} \right) \tag{2}$$

Siendo p la presión del fluido y μ su viscosidad. La proyección normal de este tensor se conoce como el *vector de esfuerzos totales*, y se expresa como sigue:

$$t = n \cdot T \tag{3}$$

De esta forma, la ecuación (1) puede escribirse como sigue:

$$\mathbf{v} = -\frac{\lambda}{\mu} (\mathbf{I} - \mathbf{n}\mathbf{n}) \cdot \mathbf{t} = -\frac{\lambda}{\mu} [\mathbf{t} - (\mathbf{n} \cdot \mathbf{t}) \mathbf{n}],$$

Note que, en el corchete de la ecuación anterior, se le substrajo al vector \mathbf{t} , su componente normal. En otras palabras, la condición de deslizamiento de Navier indica que la velocidad en la superficie entre un fluido y un sólido es proporcional a la componente tangencial del vector de esfuerzos multiplicada por la razón λ/μ .

Por su parte, para el caso de la condición de frontera efectiva sobre superficies virtuales, la expresión resultante es similar a la mostrada en la ecuación (1), con la diferencia de que la longitud de deslizamiento ya no se representa, en general, como un escalar, sino como un tensor de segundo orden, **L**. Esto es,

$$v = -\frac{L}{\mu} \cdot (I - nn) \cdot t,$$

en la superficie virtual (5)

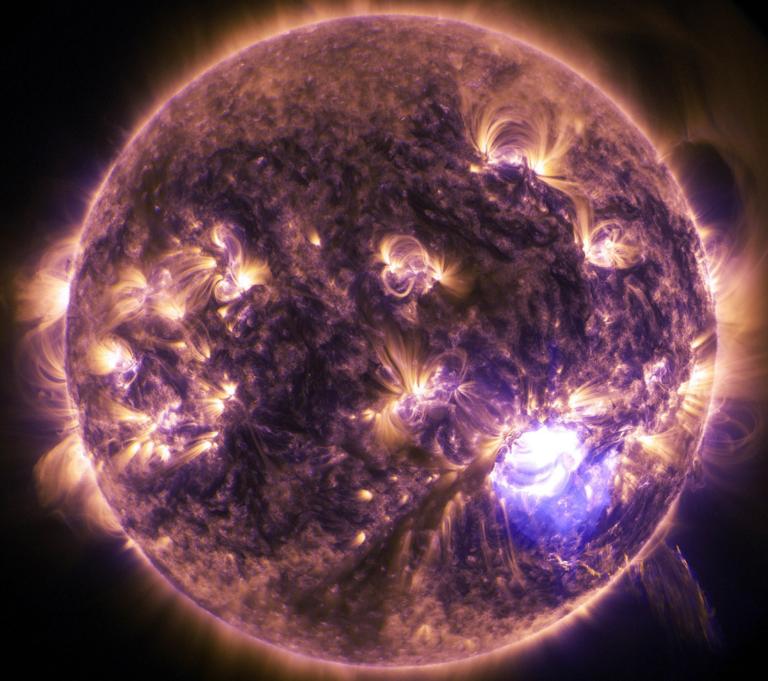
La razón para usar un tensor en lugar de un escalar es para poder cuantificar la influencia de la topología de la superficie rugosa en todas las direcciones.

Para concluir este apéndice, es importante mencionar que existe otra condición de deslizamiento que no se debe al esfuerzo viscoso del fluido. Este deslizamiento puede deberse a un gradiente de concentración de una especie química diluida en el fluido y se expresa como sigue

$$\mathbf{v} = (\mathbf{I} - \mathbf{n}\mathbf{n}) \cdot \frac{\nabla c}{(c + \alpha)}$$
 (6)

En donde, c es la concentración de la especie química que se transporte en la fase fluida y α es una constante que depende de la densidad del fluido y los pesos moleculares del soluto y del solvente. Esta condición de deslizamiento fue propuesta por Kramers y Kistemaker (1943) y tiene importantes aplicaciones ambientales, biotecnológicas, industriales, entre otras.

El misterio del calentamiento de la Corona Solar: ¿finalmente a un paso de su solución?



Lic. Leonardo Di G. Sigalotti PhD Fidel Cruz

Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco Un problema que ha frustrado por más de siete décadas a los astrónomos y, de manera particular, a los físicos solares es el calentamiento de la corona solar. Así se le llama a la atmósfera solar que se extiende millones de kilómetros en el espacio abierto y que, en efecto, se manifiesta como una corona blanca perlada durante los eclipses totales de sol. En nuestra experiencia cotidiana cuando nos alejamos de un cuerpo u objeto caliente percibimos que el calor emitido disminuye, mientras que ocurre lo contrario en el sol. Es decir, a medida que nos alejamos de la superficie visible del sol – la fotósfera, la temperatura aumenta. Mientras la temperatura media de la superficie solar es de 5800 kelvin (donde 1 kelvin equivale a -272.15 grados Celsius), en general la corona solar suele alcanzar temperaturas entre uno y tres millones de kelvin (Aschwanden, 2004), y hasta diez millones de kelvin en algunas partes. Esta enorme diferencia de temperaturas entre la fotósfera y la corona solar ha representado un misterio para la comunidad astronómica por casi un siglo, a pesar de haber sido objeto de numerosos estudios y debates científicos a lo largo de los años.

No fue sino hasta el año 1995, primero con el lanzamiento del *Observatorio Solar y Heliosférico* (Solar and Heliospheric Observatory, SOHO) y luego en 1998 con la puesta en órbita del satélite *Explorador de la Corona y de la Región de Transición* (Transition Region and Coronal Explorer, TRACE), que se abrió una nueva era en el estudio e investigación del calentamiento coronal. Datos provenientes de estas misiones espaciales mostraron por primera vez evidencia directa de la propagación de ondas de Alfred

vén y de ondas magneto-acústicas lentas en la corona solar (Ofman et al., 1997; De Moortel et al., 2002; Wang et al., 2005). Las primeras son ondas magneto-hidrodinámicas de baja frecuencia producidas por las oscilaciones de los iones que se encuentran anclados a las líneas del campo magnético como consecuencia de las interacciones entre el campo magnético y las corrientes eléctricas en el plasma solar. En general, estas ondas son las más efectivas en alcanzar la corona solar y son producidas por los destellos solares las mayores explosiones en nuestro sistema solar – y, si bien transportan consigo suficiente energía, tardan en disparse una vez que penetran en la corona solar. En cambio, las ondas magneto-acústicas lentas son ondas longitudinales, similares a las ondas de sonido en el aire, y se disipan más fácilmente que las ondas de Alfvén, convirtiendo energía mecánica en calor. En particular, observaciones con TRACE revelaron la presencia de manchas brillantes de plasma que ascienden y descienden a través de los lazos (o bucles) coronales con temperaturas de hasta seis millones de kelvin. A la vez que estas observaciones fueron también confirmadas sucesivamente por SOHO, se sugirió que estos chorros de plasma caliente propulsados contra la gravedad, como arcos de agua en una fuente, podrían dar cuenta del calentamiento coronal. Sin embargo, estudios numéricos posteriores demostraron que la propagación y la disipación de ondas magneto-acústicas a través de los lazos coronales, como por otras estructuras visibles en la corona solar, podían proporcionar solo el 10% de la energía requerida para el calentamiento coronal (Ofman et al., 1997). Observaciones más recientes con la ayuda del Espectrógrafo de Imágenes de la Región Interfacial (Interface Region Imaging Spectrograph, IRIS), lanzado por la NASA en junio de 2006, proporcionaron evidencia de una serie de eventos explosivos, parecidos a pequeños destellos, capaces no solo de depositar suficiente energía térmica en la corona solar sino también de distribuirla de manera casi uniforme (Huang et al., 2017). Mientras este proceso representa seguramente uno más de una variedad de posibles procesos complejos que explicarían el calentamiento coronal, con la puesta en órbita del observatorio Hinode en septiembre del mismo año se descubrió además que el calentamiento de la cromósfera y de la corona solar podría estar relacionado con re-conexiones del campo magnético a pequeña escala - procesos en los cuales líneas de campo magnético de dirección opuesta se rompen y se re-conectan en el plasma, convirtiendo energía magnética en energía térmica (Hinode Review Team et al., 2019). Se pensó entonces que una combinación de este con todos los posibles procesos ondulatorios que ocurren en la atmósfera solar podría proporcionar una explicación del calentamiento coronal. Sin embargo, los detalles de dicha combinación están aún a la espera de ser completados.

En 2017, la NASA lanzó la sonda *Focu*sing Optics X-Ray Solar Imager con el objeto de efectuar observaciones del sol en la banda de rayos X. Los datos de esas observaciones indicaron emisión de luz de muy alta energía proveniente de una región de la corona, que estando libre de destellos solares, se atribuyó a plasma coronal con temperaturas por encima de los diez millones de kelvin (Ishikawa et al., 2017). Se propuso que estas enormes temperaturas se debían a la presencia

de muchas nano-llamaradas (es decir, destellos diminutos) muy intensas sobre la superficie solar, las cuales aparecían y se disipaban rápidamente, produciendo pequeñas regiones de plasma muy caliente. Sin embargo, para ese momento la tecnología a disposición de los físicos solares no era aún suficiente para observar y detectar dichos mini-destellos. Durante los dos años sucesivos la tecnología fue mejorando al punto que ha permitido recientemente y por primera vez la detección de dichos eventos impulsivos de duración de alrededor un segundo o inclusive menos, los cuales según estimaciones aproximadas podrían contribuir de manera significativa al calentamiento coronal.

El 12 de agosto de 2018, la NASA lanzó la Sonda Solar Parker (Parker Solar Probe, PSP), la cual se acercará por primera vez en la historia a una distancia de 8.5 radios solares de la superficie del sol, donde 1 radio solar equivale a 696.340 km, con la finalidad de investigar el calentamiento coronal y el origen del viento solar, entre otras metas (Verscharen, 2019). Este acercamiento sin precedentes al sol fue parafraseado como la primera visita de la humanidad a una estrella. El 28 de abril de 2021, durante su octavo sobrevuelo alrededor del sol, la sonda cruzó por primera vez la llamada superficie crítica de Alfvén a unos 18.8 radios solares de la superficie del sol (Witze, 2019), es decir, la región alrededor del sol donde la velocidad de Alfvén es igual a la velocidad del viento solar, descubriéndose que la superficie crítica de Alfvén, lejos de representar una esfera uniforme, es en realidad altamente irregular. El 12 de febrero de 2022, durante su onceavo sobrevuelo, la sonda se acercó a 12.2 radios solares de la superficie del sol y los resultados de las medidas efectuadas a esa distancia estarán disponibles próximamente para el análisis. La comunidad científica internacional espera que en los próximos sobrevuelos surjan nuevas pistas que puedan ayudar a desvelar el origen del super-calentamiento coronal y las causas que aceleran el viento solar hasta alcanzar velocidades supersónicas. Por ejemplo, corrientes de viento solar con velocidades de hasta 700 km por segundo se han medido a nivel de la órbita terrestre.

Sin embargo, un paso adelante en la revelación de estas nuevas pistas se dio con el lanzamiento del Orbitador Solar (Solar Orbiter, SolO) el 10 de febrero de 2020 (Owen et al., 2020), desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA) en colaboración con la NASA. A diferencia de la Sonda Parker, SolO está equipado de telescopios y fue diseñado para acercarse a distancias de 60.3 radios solares de la superficie solar y proporcionar así las imágenes más cercanas jamás vistas del sol. El 15 de junio de 2020, las imágenes tomadas por SolO a una distancia de aproximadamente 111 radios solares de la superficie solar mostraron un nuevo y sorprendente fenómeno que consistía de un sin número de llamaradas, o destellos, en miniatura sobre la superficie solar, que los científicos llamaron hogueras o fogatas solares por sus tamaños de 400 a 4000 km v sus duraciones de 10 a 200 segundos (Berghmans et al., 2021). Nuevas imágenes del sol tomadas por SolO el 7 de marzo de 2022 a 108 radios solares de la superficie del sol muestran que estas hogueras pueden tener formas de pequeños arcos, formas puntuales, o inclusive formas más complejas y se encuentran distribuidas más o menos continuamen-

te sobre toda la superficie solar. Las hogueras solares son seguramente las estructuras más finas y menos energéticas que se han observado hasta el momento en la superficie del sol y su abundancia las señala como las piezas faltantes del rompecabezas necesario para explicar el calentamiento coronal. A medida que SolO acerque aún más su órbita alrededor de sol, alcanzando distancias del orden de 60 radios solares, se espera disponer de fotografías de la superficie solar a mayor resolución. Sin embargo, a menos que a distancias menores se observen destellos a escalas aún más pequeñas, los científicos presienten que el misterio del calentamiento coronal va en camino de ser solucionado definitivamente.

Referencias

Aschwanden, M. J. Physics of the Solar Corona. An Introduction. Springer-Verlag. Alemania. 2004.

Ofman, L., Romoli, M., Poletto, G., Noci, G. y Kohl, J. L. Ultraviolet coronograph spectrometer observations of density fluctuations in the solar wind. The Astrophysical Journal, 491[2], pp. L111-L114, 1997. https://doi.org/10.1086/345548.

De Moortel, I., Ireland, J., Hood, A. W. y Walsh, R. W. The detection of 3 & 5 min period oscillations in coronal loops. Astronomy and Astrophysics, 387[1], pp. L13-L16, 2002. https://doi.org/10.1051/0004-6361:20020436.

Wang, T. J., Solanki, S. K., Innes, D. E. y Curdt, W. Initiation of hot coronal loop oscillations: Spectral features. Astronomy and Astrophysics, 435[2], pp. 753-764, 2005. https://doi.org/10.1051/0004-6361:20052680.

Huang, Z., Madjarska, M. S. Scullion, E. M., Xia, L.-D., Doyle, J. G. y Ray, T. Explosive events in active region observed by IRIS and SST/CRISP. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 462[2], pp. 1753-1761, 2017. https://doi.org/10.1093/mnras/stw2469.

Hinode Review Team, Al-Janabi, K., Antolin, P., Baker, D., et al. Achievements of Hinode in the first eleven years. Publications of the Astronomical Society of Japan, 71[5], R1, 2019. https://doi.org/10.1093/pasj/psz084.

Ishikawa, S., Glesener, L., Krucker, S., Christe, S., Buitrago-Casas, J. C., Marukage, N. y Vievering, J. Detection of nanoflare-heated plasma in the solar corona by the FOXSI-2 sounding rocket. Nature Astronomy, 1, pp. 771-774, 2017. https://doi.org/10.1038/s41550-017-0269-z.

Verscharen, D. A step closer to the Sun's secrets. Nature, 576[7786], pp. 219-220, 2019. https://doi.org/10.1038/d41586-019-03665-3.

Witze, A. Sun-bombing spacecraft uncovers secrets of the solar wind. Nature, 576[7785], pp. 15-16, 2019. https://doi.org/10.1038/d41586-019-03684-0.

Owen, C. J., Bruno, R., Livi, S., Louarn, P., et al. The Solar Orbiter solar wind analyser (SWA) suite. Astronomy and Astrophysics, 642, A16, 2020.

https://doi.org/10.1051/0004-6361/201937259.

Berghmans, D., Auchère, F., Long, D. M., Soubrié, E., et al. Extreme-UV quiet Sun brightenings observed by the Solar Orbiter/EUI. Astronomy and Astrophysics, 656, L4, 2021.

https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140380.

Virus de la influenza: Lo que sabemos de la enfermedad



Dra. Mayra Lozano Espinosa^a Dr. Arturo Rojo Domínguez^b

^aCONACyT - Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa. Departamento de Ciencias Naturales ^bUniversidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa Departamento de Ciencias Naturales.

Resumen

La infección causada por el virus de la Influenza es una grave amenaza para la salud mundial, debido a que es una infección vírica muy contagiosa, con alta facilidad de transmitirse de persona a persona, afecta a la población de cualquier edad, pero los grupos de población más vulnerables a la infección son niños menores de 5 años, adultos mayores de 65 y personas inmunosuprimidas. Esta enfermedad causa epidemias anualmente, sin embargo, la principal preocupación es la aparición de cepas pandémicas, debido a que este virus es capaz de variar genéticamente. Estas variaciones implican que las vacunas existentes se vuelvan ineficientes y las cepas se vuelvan fármaco-resistentes a los antivirales, y es por ello que existe la necesidad de la búsqueda de nuevos fármacos antivirales y una vacuna universal.

Abstract

The infection caused by the Influenza virus is a serious threat to global health because it is a very contagious viral infection, with high ease of transmission from person to person, it affects the population of any age, but the population groups most vulnerable to infection are children under 5 years of age, adults over 65, and immunosuppressed people. This disease causes epidemics annually, however, the main concern is the appearance of pandemic strains because this virus is capable of genetic variation. These variations imply that the existing vaccines become inefficient and the strains become drug-resistant to antivirals, which is why there is a need to search for new antiviral drugs and a universal vaccine.

Palabras clave: influenza, transmisión, pneumonía, fármacos.

Keywords: influenza, transmission, pneumonia, drugs.

Introducción

El surgimiento de una nueva pandemia originada por el virus de la influenza, es un acontecimiento para el cual la humanidad no está preparada, debido a que, si bien es cierto, los casos de infecciones por influenza se presentan generalmente en invierno de manera epidémica, es decir, cada año en la temporada de invierno hay un número creciente de casos en los que la actividad viral aumenta, una pandemia se presenta con poca frecuencia, pero con efectos devastadores y la población en su mayoría no tiene inmunidad hacia la cepa del virus causante, además, debe considerarse, dependiendo de la magnitud de la pandemia, un posible desabasto de medicamentos antivirales para la población afectada (CDC, 2019). Por ejemplo, la pandemia de 1918 conocida como gripe española, se estima que causó entre 40 y 60 millones de muertes, y la pandemia de 2009 (gripe porcina AH1N1), causo alrededor de 19,000 muertes. Lo anterior se traduce en un importante problema de salud, no sólo por la mortalidad, la morbilidad y las complicaciones asociadas a ella, sino por la repercusión social y económica que conlleva. De acuerdo con la OMS (WHO, 2019), las epidemias anuales registran en el mundo cerca de 1000 millones de casos, los cuales causan de 3 a 5 millones de casos graves y de 290,000 a 650,000 muertes. Un aspecto importante para tomar acciones pertinentes, es conocer los síntomas provocados por la infección, por lo que no se debe confundir con un resfriado, el cual es una enfermedad causada por diferentes tipos de virus entre los que encontramos: adenovirus, rinovirus, parainfluenza, que afectan las vías respiratorias superiores y generan malestares comunes como: dolor de garganta, congestión y escurrimiento nasal y en algunas ocasiones, fiebre. Una infección por influenza puede llegar a afectar las vías respiratorias inferiores, es decir, puede afectar a los pulmones causando una enfermedad respiratoria severa. La influenza es una enfermedad aguda que puede presentar un cuadro clínico típico de gripe, pero a diferencia de ésta, la infección por este virus causa fiebre de más de 39°C, dolor muscular, articular, de garganta y dolor de cabeza, intenso malestar y abundante secreción nasal.

El virus de influenza es un patógeno respiratorio que tiene como hospederos naturales a las aves acuáticas, pero que puede infectar también a otras especies animales como caballos, cerdos, otras especies de aves y también puede afectar los humanos. Los virus clínicamente relevantes son los tipos A y B, los del tipo B sólo infectan a los humanos mientras que los del tipo A infectan especies de mamíferos y aves y han sido responsables de las infecciones estacionales y de las pandemias de 1918, 1957, 1968, 1977, y 2009 con sus correspondientes subtipos como se muestra en la tabla 1. Debido a que el virus puede dispersarse en pequeñas partículas de aerosol éste es el factor predominante en la transmisión de persona a persona. Lo más frecuente es que las partículas virales sean aspiradas por la nariz o por la boca y se depositen en las vías respiratorias, iniciando así la infección viral. Sin embargo, los virus también pueden entrar al organismo a través de las membranas mucosas como las de la nariz, la boca o la de los ojos.

Signos y síntomas

Es una infección de comienzo repentino, el periodo de incubación es de 1 a 4 días después de que se ha producido el contagio. Los niños pueden transmitir el virus hasta 10 días después de que se inician los síntomas, y en los adultos, un día antes, mientras que los pacientes deprimidos inmunológicamente pueden excretar los virus por periodos más extensos a 10 días. La infección puede cursarse sin complicaciones y por lo general se caracteriza por un inicio agudo de síntomas y signos respiratorios entre los que se encuentran: fiebre, escalofríos, mialgia, artralgia, cefalea, pérdida de peso, mareos, tos no productiva, dolor abdominal, pérdida del apetito, rinitis, ardor faríngeo, odinofagía, falta de aire al respirar, cansancio y debilidad, vómitos y diarrea, aunque estos dos últimos son más comunes en niños que en adultos. En ocasiones la gravedad de la enfermedad puede ser determinada por la severidad de los síntomas. En la tabla 2 se muestra una comparación de síntomas entre una infección causada por el virus de la influenza y un resfriado común.

TABLA 1. PANDEMIAS REGISTRADAS

AÑO	Nombre	Subtipo
1918	Gripe española	H1N1
1957	Gripe asiática	H2N2
1968	Gripe de Hong Kong	H3N2
1977	Gripe Rusa	H1N1
2009	Gripe porcina A	H1N1

Tabla 1. Pandemias registradas

	SINTOMAS

	Influenza	Resfriado	
Período de incubación	1 a 4 días	1 a 3 días	
Inicio de Síntomas	Repentino	Gradual	
Fiebre	Común (hasta 40°C)	Poco común (hasta 39 °C en niños)	
Tos	Común	Leve a moderada	
Estornudos	Algunas veces	Común	
Fatiga	Común	Algunas veces	
Postración	Común (de inicio brusco y muy intensa)	Nunca	
Diarrea	Algunas veces	Poco común	
Vómito	Algunas veces	Poco común	
Secreción nasal	Algunas veces	Común	
Congestión nasal	Algunas veces	Común	
Dolor de cabeza	Común (de inicio brusco y muy intenso)	Poco común	
Pérdida del apetito	Común	Algunas veces	
Dolores musculares	Común (muy intensos)	Leve	
Dolor de garganta	Algunas veces	Leve	
Dificultad para respirar	Algunas veces	Leve	
Problemas respiratorios	Algunas veces Algunas veces		

Tabla 2. Comparación De Síntomas

En la mayoría de los casos de infección por influenza, los pacientes pueden recuperarse en casa en un periodo habitual de 7 a 14 días sin complicaciones, sin embargo, hay grupos de población vulnerable que corren riesgo de desarrollar complicaciones, entre estos se encuentran: niños menores de 5 años y en particular niños menores de dos años, adultos mayores de 65 años, pacientes con enfermedades crónicas pulmonares, cardiovasculares, renales, hepáticas, con trastornos metabólicos, inmunosuprimidos, mujeres embarazadas, además las personas menores de 19 años que usen salicilatos de forma prolongada corren el riesgo de presentar el síndrome de Reye, si se contagian de influenza.

La principal complicación de una infección por influenza, es la pneumonía, ya sea primaria o bacteriana secundaria, siendo la primaria la menos frecuente, pero la más grave (Ishiguro, T., et al., 2017). En la pneumonía primaria por influenza se presenta cianosis, fiebre persistente, disnea, y también se puede presentar esputo sanguinolento, y en algunos casos, se desarrolla el Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda (SIRA).

La pneumonía bacteriana secundaria se presenta durante la convalecencia del cuadro viral con producción de secreciones y esputo purulento. Las causas bacterianas más frecuentes son *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus* y *Haemophilus influenzae* las cuales se multiplican en la nasofaringe y dan paso a la infección cuando se producen cambios en las defensas broncopulmonares.

Se sabe que la influenza estacional causa complicaciones neurológicas en los niños, como convulsiones, encefalopatía, miositis y encefalitis necrotizante aguda. Otras complicaciones que pueden producirse fuera de los pulmones son miositis, rabdiomiólisis, mioglobinuria, encefalitis, mielitis transversa, síndrome de Guillian-Barré y síndrome de Reye.

Variabilidad Genética:

Una de las principales características de este virus, es su variabilidad genética, es decir, es capaz de cambiar a través principalmente de mutaciones, originando nuevas cepas de virus; ocasionando que el sistema inmune no pueda responder usando la inmunidad adquirida en infecciones previas por este virus (figura 1). Por lo anterior, estas nuevas cepas podrán originar un cambio en la cantidad de personas infectadas anualmente, así como en la gravedad de la infección y hasta provocar pandemias. Esta característica permite al virus sobrevivir y reproducirse, adecuándose al medio ambiente, lo que puede traducirse en la evolución del virus. La importancia de que el virus tenga variabilidad genética, deriva en la dificultad de encontrar un tratamiento eficaz y una vacuna universal.

Esta característica es algo común en la naturaleza, es decir, los individuos de una misma especie no son idénticos, por ejemplo, hay variedad de maíces, vacas, perros, frijoles, etc. y es por eso que no es de extrañar que el virus de la influenza también la posea.

Para tener una idea más clara de lo anterior, debemos recordar que los virus de la influenza A circulan en diversas especies como humanos, equinos, porcinos y aves, mientras que los de tipo B y C afectan sólo a los humanos. Los virus de la influenza A contienen 2 diferentes glicoproteínas de superficie: hemaglutinina (HA) y neuraminidasa (NA) y son las principales proteínas determinantes de la patogenicidad del virus, conociendose 18 subtipos de H y 11 subtipos de N y, de ellos, solo los subtipos H1, H2, H3, N1 y N2 han originado epidemias en seres humanos. Actualmente sólo los subtipos H5 y H7 se clasifican como virus de influenza aviar de alta patogenicidad, mientras que los subtipos H1 a H16 se consideran virus de influenza aviar de baja patogenicidad. Los virus de los tipos B y C no se subdividen, y se clasifican en linajes, por ejemplo, el Influenzavirus C, es el más estable y no produce pandemias.

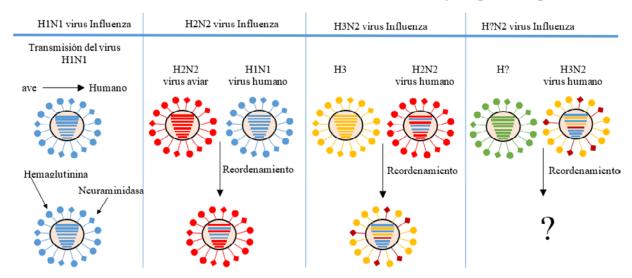


Figura 1. Esquema de la variabilidad genética del virus de la influenza.

Tratamiento

Cuando un paciente ha contraído la enfermedad, es necesario comenzar el tratamiento, el cual consiste principalmente en aliviar el malestar general y los síntomas. La evidencia indica que, si se inicia un tratamiento antiviral temprano, es decir, dentro de las 48 horas posteriores a la aparición de los síntomas, se reduce el riesgo de complicaciones y hospitalizaciones.

Existen medicamentos aprobados por la FDA para el tratamiento y/o profilaxis de la influenza tipo A, por ejemplo, la amantadina y la rimantadina son útiles para la prevención y el tratamiento de la influenza A en pacientes inmunodeprimidos, pero en algunos pacientes se han mostrado resistencia a estos fármacos (Englund, JA., et al. 1998) por lo que actualmente su uso no es recomendable, por otra parte, fármacos como el peramivir, el zanamivir y oseltamivir son eficaces inhibidores de la proteína neuraminidasa viral, lo que impide que el virus sea liberado de las células del huésped y así se evita la infección de células cercanas. Hasta el momento, pocas cepas han generado resistencia a estos últimos fármacos, sin embargo, se espera que pronto se encuentren cepas resistentes a ellos, por lo que es improbable su funcionamiento a largo plazo.

Con el fin de evitar la aparición de resistencia viral, se buscan fármacos antivirales cuyos blancos terapeúticos sean sitios altamente conservados, como es el centro activo de enzimas. Existen fármacos que han sido ensayados por su potencial antiviral, pero aún no están disponibles para su uso en la clínica.

Los fármacos antivirales son limitados debido a la variabilidad genética como se mencionó anteriormente, de modo que la

profilaxis mediada por la vacunación establece una opción viable para controlar la influenza estacional y reducir la morbilidad y la mortalidad. Sin embargo, la eficacia de la vacuna varía ampliamente entre las temporadas de influenza (CDC, 2022), debido a las frecuentes mutaciones que experimenta el virus; haciendo necesario que las vacunas se preparen anualmente. Estas vacunas deben contener los antígenos de las cepas circulantes en una temporada y los que con mayor probabilidad circularán la próxima temporada; estos datos se obtienen de los resultados de vigilancia del centro del control y prevención de enfermedades (Dovle, J.D. 2019).

Con lo descrito anteriormente es importante enfatizar la importancia del tratamiento antiviral como un esfuerzo complementario a la vacunación, con el fin evitar una nueva pandemia, la cual pudiera originarse en estos brotes de influenza, que actualmente se desarrollan en Estados Unidos de América, con el subtipo H5N1.

Secuelas

Una secuela es un trastorno o lesión que queda tras la curación de una enfermedad o un traumatismo y que es consecuencia de ellos. Como se ha mencionado anteriormente, las infecciones por el virus de la influenza van desde leves, hasta graves y en ocasiones con severas complicaciones. El sistema inmunológico de un individuo que ha sido infectado se activa en respuesta al patógeno y esta respuesta puede ser beneficiosa conduciendo a la eliminación de la infección viral y al establecer mecanismos de memoria inmunitaria, o bien, puede ser perjudicial, si se presenta una respuesta hiperinflamatoria, aumentando la posibilidad de sufrir de alguna secuela. Esta respuesta del sistema inmunológico aumenta la susceptibilidad a infecciones bacterianas secundarias y puede provocar cambios permanentes en la arquitectura pulmonar, dando paso a secuelas fibróticas. Hay informes de casos que describen secuelas neurológicas agudas y residuales significativas caracterizadas por cambios del estado mental, cefalea y disfunción de los nervios que regulan funciones del cuerpo no voluntarias.

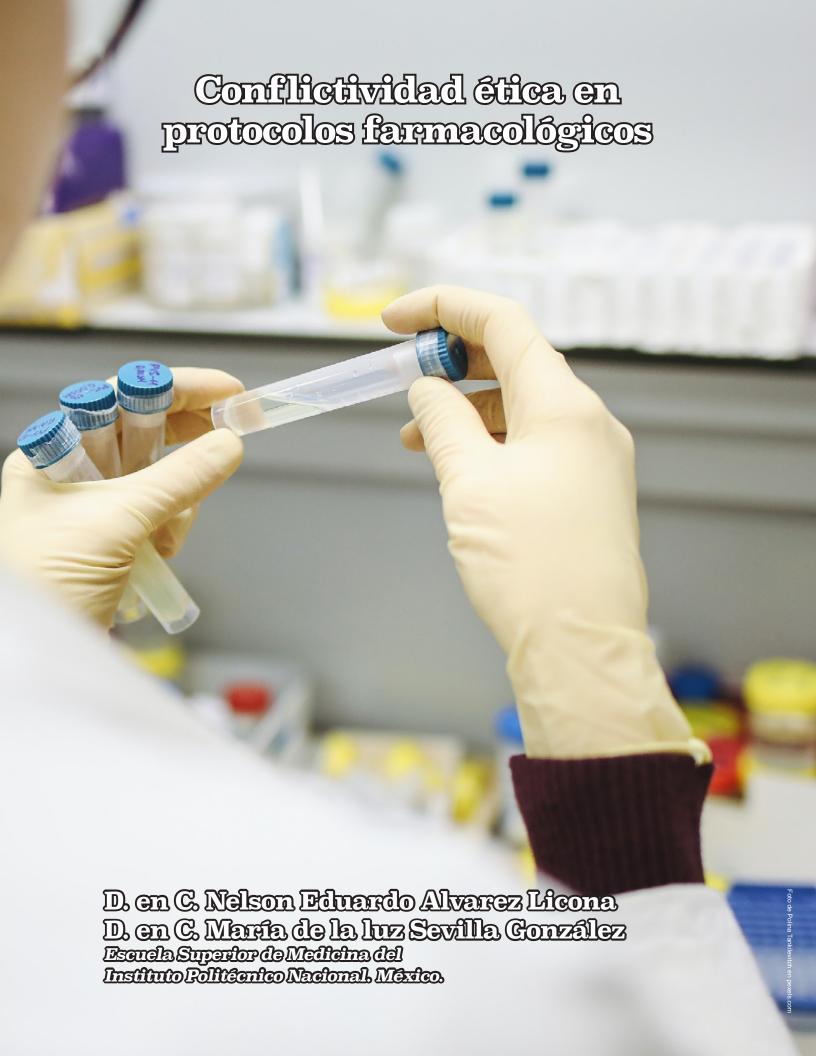
Conclusión

Finalmente, podemos decir que el tipo de cepa viral y la capacidad de éste para propagarse de un hospedero a otro tiene un impacto determinante en la salud del huesped, las complicaciones derivadas de una infección por influenza suponen un problema grave tanto para el área de la salud como para la sociedad. Debido al elevdo riesgo de complicaciones en grupos como los de los adultos mayores de 65 años, niños pequeños y personas con co-morbilidades es importante y útil iniciar una estrategia de tratamiento preventivo, el cual incluya el correcto lavado de manos, una adecuada alimentación e hidratación, así como la vacunación, ya que esta última juega un papel importante en la reducción del impacto de la enfermedad y puede ser un valioso recurso para iniciar la prevención a largo plazo ya que se sabe que la influenza circula en la comunidad de manera estacional.

Bibliografía

1. CDC. Centers for Disease Control and Prevention. How is Pandemic Flu Different from Seasonal Flu. https://espanol.cdc.gov/enes/flu/pandemic-resources/basics/about.html [Página revisada por última vez: 7 de mayo de 2019. Fecha de consulta 01 de abril 2022].

- 2. CDC. Centers for Disease Control and Prevention. Seasonal Flu Vaccine Effectiveness Studies. https://www.cdc.gov/flu/vaccines-work/effectiveness-studies.htm [Página revisada por última vez: 11 de marzo de 2022. Fecha de consulta 01 de abril 2022].
- 3. Doyle, JD.; Chung, JR.; Kim, SS.; Gaglani, M.; Raiyani, C.; Zimmerman, RK. et al. Interim estimates of 2018-19 seasonal influenza vaccine effectiveness United States, February 2019. *MMWR Morb Mortal Why Rep*, 68[6], pp.135—139, 2019. https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6806a2 [Página revisada por última vez: 14 de febrero de 2019. Fecha de consulta 01 de abril de 2022]
- 4. Englund, JA.; Champlin, RE.; Wyde, PR.; Kantarjian, H.; Atmar, RL.; Tarrand, J.; et al. Common emergence of amantadine- and rimantadine-resistant influenza A viruses in symptomatic immunocompromised adults. Clin Infect Dis, 26: 1418–24, 1998.
- 5. Ishiguro, T.; Kagiyama, N.; Uozumi, R.; Odashima, K.; Takaku, Y.; Kurashima, K.; Morita, S.; y Takayanagi, N.; Clinical Characteristics of Influenza-Associated Pneumonia of Adults: Clinical Features and Factors Contributing to Severity and Mortality. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 90, pp.165-181, 2017.
- 6. World Health Organization. (2019). https://www.who.int/es/news/item/11-03-2019-who-launches-new-global-influenza-strategy [Fecha de consulta 01 de abril de 2022].



Resumen.

Los comités de ética en investigación regulan las investigaciones en salud donde participan personas como sujetos de investigación. En México la Ley General de Salud la regulación se instrumenta mediante reglamentos, siendo específico para la investigación en salud, sin que dejen de aplicar otros reglamentos, el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (1983), indicando en su Art. 13 los siguientes referentes: el respeto a la dignidad, la protección a sus derechos y su bienestar. Estas consideraciones han de ser evaluadas desde una relación riesgo-beneficio, con especial atención a las personas vulnerables, considerando a las personas enfermas como una condición de vulnerabilidad. La secuencia de estudios farmacológicos se inicia en la administración del fármaco en modelos animales, continuando con su aplicación por primera vez en seres humanos, hasta la obtención de datos referentes a eficacia y seguridad terapéutica; se realiza siguiendo la secuencia de Fases de la I a la IV. En todas las fases se evalúa la seguridad mediante el registro, reporte y atención de los efectos adversos. En México en el contexto del derecho a la salud las Fases I y II se debe de realizar con sujetos hospitalizados, lo que implica una supervisión de 24 h al día. Sin embargo, y a pesar de lo establecido en la legislación, en los protocolos farmacológicos que se presentan ante los Comités de Ética en Investigación encontramos faltas éticas, lo que hace indispensable la evaluación que se realiza en estos comités.

Palabras clave: Comité de Ética en Investigación. Investigación farmacológica. Derecho a la Salud. Conflictos Éticos. Fasis I a IV.

Resume.

Research ethics committees regulate health research where people participate as research subjects. In Mexico, the General Health Law, regulation is implemented through regulations, being specific for health research, without ceasing to apply other regulations, the Regulation of the General Health Law in Health Research. Indicating in its Art. 13 the following references: respect for dignity, protection of their rights and well-being. These considerations must be evaluated from a risk-benefit ratio, with special attention to vulnerable people, considering sick people as a condition of vulnerability. The sequence of pharmacological studies begins with the administration of the drug in animal models, continuing with its application for the first time in humans, until obtaining data regarding therapeutic efficacy and safety; It is carried out following the sequence of Phases from I to IV. In all phases, safety is evaluated through the recording, reporting and care of adverse effects. In Mexico, in the context of the right to health, Phases I and II must be carried out with hospitalized subjects, which implies 24-hour supervision. However, and despite what is established in the legislation, in the pharmacological protocols that are presented before the Research Ethics Committees we find ethical faults, which makes the evaluation carried out in these committees essential.

Keywords: Research Ethics Committee. Pharmacological research. Right to health. Ethical Conflicts. Phase I to IV.

Introducción.

Los Comités de Ética en Investigación se crean con la finalidad de regular la participación de sujetos humanos en investigaciones en salud, este sentido se justifica al controlar la ambición de los que ven en la investigación en salud solamente un negocio y no el interés en el desarrollo del conocimiento, en la posibilidad de participar en el cuidado y la protección del otro, así la respuesta buscada que origina la pregunta de investigación aparece encubriendo intereses, que disfrazados, se presentan como intenciones de beneficios colectivos. De ahí la relevancia que tienen las instituciones de salud de cobertura, que son quienes tiene el encargo de instrumentar el Derecho a la Salud establecido en el Artículo 4º. Constitucional. En México la creación de un comité de ética en investigación en las instituciones de salud donde se realice investigación en seres humanos, está establecida en el Art. 98 de la Ley General de Salud (2006) y se instrumenta mediante distintos reglamentos, siendo fundamental el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (1983), donde aparecen los acuerdos internacionales que regulan la conducta en investigación en salud donde participan personas, en base al mandato constitucional del Derecho a la Salud (Art. 4°. Constitucional, 2006). Teniendo como primera codificación el "Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. México: México: Diario Oficial de la Federación, 2014"; siendo una de sus características el que toda investigación en salud donde participen sujetos humanos como sujetos de investigación debe de contar con el consentimiento informado Independientemente del nivel de riesgo, establecido en el art. 17 del mismo reglamento.

La normativa internacional para regular la investigación donde participan personas como sujetos de investigación ha sido muy bien pensada, ya que provienen de las brutales experiencias que vivió la humanidad en la Segunda Guerra Mundial en los campos de concentración nazis, donde se cometieron infamias como trasplantes de músculos, huesos y nervio, congelación de humanos, infectaron a personas con malaria, los expusieron a gas mostaza; experimentaron dando solamente a beber agua de mar, se esterilizaron a 400 000 mujeres¹. Estas infamias no las realizaron solamente los alemanes nazis, actos bestiales fueron cometidos por médicos - investigadores japoneses a la población china en Manchuria en la Unidad 731, intervención amparada por el emperador Hirohito, donde se desarrolló investigación con fines militares que implicaron brutalidades feroces, como congelar personas para después intentar descongelarlas; se realizaron vivisecciones sin anestesia para observar el desarrollo de las infecciones provocadas por médicos e investigadores japoneses; me midió el efecto de las bombas que se detonaban a personas amarradas a distintas distancias de la explosión; diseminaron en las aldeas china pulgas infestadas con peste bubónica y luego iban a campo y realizaron vivisecciones a las personas infectadas; contaminaron de fuentes de agua para luego evaluar en campo los efectos tóxico y la bestialidad de estas acciones llegó niveles inconcebibles, como distribuir entre los niños chinos, de dulces contaminados con ántrax².

Además de las prácticas ya mencionadas, en 1721 en Inglaterra, el cirujano Charles Maitland inoculó viruela a prisioneros a cambio de promesas de libertad. En el siglo XIX el médico estadounidense Williams Beaumont, con la colaboración de

¹ https://es.wikipedia.org/wiki/Experimentación_nazi_en_seres_humanos

² https://es.wikipedia.org/wiki/Escuadrón_731#Otros_experimentos

un enfermo, mantuvo abierta su herida de bala en el estómago durante tres años, para observar cómo funcionaba su aparato digestivo. La inoculación de enfermedades en el siglo XIX era una práctica común, en Alemania se realizaron contagios intencionados de enfermedades venéreas e incluso el realizar trasplantes de cáncer. En 1954 en Willowbrook State School, institución para niños con retraso mental de Staten Island (Estados Unidos), se les inyectó virus de hepatitis a recién nacidos, con la intención de conocer la historia natural de la enfermedad, para desarrollar una vacuna, la participación era la exigencia para que fueran aceptados en la institución. En Estados Unidos (1956) en Jewish Chronic Hospital en Broklin, sin su consentimiento se inyectó subcutáneamente células cancerosas a ancianos sanos, para observar como el no rechazo al cáncer, es debido a la debilidad física. El empleo de Talidomida en 1958, como sedante y contra las náuseas en las primeras semanas de embarazo, se realzó sin que hubiera sido investigada en modelos anímales. En Tuskegee, Alabama (Estados Unidos), de 1932 a 1972 se estudió la historia natural de la sífilis en 400 hombres negros, sin darles tratamiento a pesar de que ya se contaba con el conocimiento del uso del arsénico y la penicilina, los sujetos fueron coaccionados con engaños y con dinero para que participaran en el estudio (Álvarez, Lolas y Outomuro, 2006: 44).

La regulación de las investigaciones donde participan sujetos humanos surge al ser derrotado el ejército alemán, en los llamados Juicios de Núremberg (20 de noviembre 1945 a 1°. de octubre de 1946), junto con otros criminales se da el enjuiciamiento de 23 médicos y científicos nazis que realizaron atroces procedimientos con la población prisionera en sus campos de

concentración; de esas brutalidades surgen 10 recomendaciones conocidas como "Código de Núremberg" publicado en 1947, donde se establecién las condiciones para la realización de investigaciones con sujetos humanos. En estas indicaciones aún no aparece que las investigaciones donde participen personas, sean supervisadas por comités de ética, la obligación de que un comité de ética supervise las investigaciones donde participen personas como sujetos de investigación la vamos a encontrar en la Declaración de Helsinki, adoptada en 1964 por la Asociación Médica Mundial en Helsinki, Finlandia; ha tenido 7 revisiones: Tokio, 1975; Italia, 1983; Hong Kong, 1989; Sudáfrica, 1996; Edimburgo, 2000; Seúl, 2008 y Brasil, 2013. Siendo una propuesta, que ahora es referente para regular la investigación médica en seres humanos, incluida la investigación con material humano e información identificable, que son los datos personales que pueden transgredir la dignidad y a seguridad personal. Es en la Declaración de Helsinki donde aparece por primera vez la obligación de que las investigaciones donde participen personas como sujetos de investigación deben de ser aprobadas por un comité de ética en investigación. En el artículo 23 de esta Declaración se establece:

"23. El protocolo de la investigación debe enviarse, para su consideración, comentario, consejo y aprobación, a un comité de ética de investigación antes de comenzar el estudio. Este comité debe ser independiente del investigador, del patrocinador o de cualquier otro tipo de influencia indebida. El comité debe considerar las leyes y reglamentos vigentes en el país donde se realiza la investigación, como también las normas internacionales vigentes, pero no se debe permitir que

éstas disminuyan o eliminen ninguna de las protecciones para las personas que participan en la investigación establecidas en esta Declaración. El comité tiene el derecho de controlar los ensayos en curso. El investigador tiene la obligación de proporcionar información del control al comité, en especial sobre todo incidente adverso grave. No se debe hacer ningún cambio en el protocolo sin la consideración del comité" (Declaración de Helsinki, 2013).

En México esta normativa internacional se encuentra estructurada en Ley General de Salud (2006) y el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (1983), que en su Art. 14, inciso VII, establece que la investigación que ser realice en seres humanos "Contará con el dictamen favorable de las Comisiones de Investigación, Ética y la de bioseguridad, en su caso". Y en su Artículo 98, indica:

"Artículo 98.- En las instituciones de salud, bajo la responsabilidad de los directores o titulares respectivos y de conformidad con las disposiciones aplicables, se constituirán: una comisión de investigación; una de ética en el caso de que se realice investigación investigaciones en seres humanos, y una comisión de bioseguridad, encargada de regular el uso de radiaciones ionizantes o de técnicas de ingeniería genética. El Consejo de Salubridad General emitirá las disposiciones complementarias sobre áreas o modalidades de la investigación en las que considere que es necesario" (Ley General de Salud, 2006).

La fiabilidad de la información en la que se basa este trabajo se funda en la parti-

cipación ininterrumpida durante 15 años como miembros de comités de ética en investigación en las siguientes instituciones de salud y educativas: Hospital de la Mujer (Dr. Alvarez). Centro para la Prevención y Control del SIDA (Dra. Sevilla). Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes" (Dr. Alvarez). Hospital Los Angeles del Pedregal (Dra. Sevilla). Comité de Ética en Investigación asociado a Tercer Autorizado (Dra. Sevilla y Dr. Alvarez). Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, "Ismael Cosío Villegas" (Dr. Alvarez). Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional (Dra. Sevilla v Dr. Alvarez). Habiendo evaluado aproximadamente 500 protocolos cada uno de los participantes en este artículo.

Resultados y Discusión.

Es una gran responsabilidad evaluar protocolos de salud cuando está implicado el análisis de fenómenos que tienen un impacto directo sobre el cuerpo, particularmente cuando hablamos de personas enfermas, de ahí la necesaria participación de expertos en la evaluación de protocolos de investigación farmacológica que se someten a los Comités de Ética en Investigación, que si bien deben ser instancias multidisciplinarias, se requiere que en este tipo de investigaciones se cuide el perfil de los miembros que participan, reconociendo la relevancia que tiene la colaboración de farmacólogos, ya que están más familiarizados con los mecanismos de acción de los fármacos, el curso temporal de las concentraciones de estos en el organismo, así como las posibles interacciones entre estos; datos que permiten valorar o predecir la acción terapéutica o tóxica de un fármaco. Se trata de prever, en base a una evaluación riesgos-beneficios, las reacciones adversas que suceden en este tipo de intervenciones; en la secuencia de estudios farmacológicos que inician en la administración del fármaco en modelos animales, continuando con su aplicación por primera vez en seres humanos, hasta la obtención de datos referentes a eficacia y seguridad terapéutica (Fases I a IV), en todas las fases se evalúa la seguridad mediante el registro, reporte y atención de los efectos adversos. En México está establecido:

"Articulo 67.- Todas las investigaciones en farmacología clínica que se realicen, deberán estar precedidas por estudio preclínicos completos que incluyan características físico-químicas, actividad farmacológica, toxicidad, farmacocinética, absorción, distribución, metabolismo y excreción del medicamento en diferentes especies de animales; frecuencias, vías de administración y duración de las dosis estudiadas que pueden servir como base para la seguridad de su administración en el ser humano; también se requerirán estudios de mutagénesis, teratogénesis y carcinogénesis" (Art. 67. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, 1983).

Una vez que se cubre con la experimentación del fármaco en modelos animales, que proporcionan información fundamental para la planificación de ensayos clínicos, que si bien no permiten predecir la reacción en el cuerpo humano, permite responder preguntas generales sobre efectos en el corazón, pulmones hígado, piel; de manera que permite reconocer la toxicidad; además del reconocimiento de posibles efectos carcinogénicos y teratógenos. En México las Fases I y II, de acuerdo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (1983), se deberá de realizar en grupos pe-

queños hospitalizados (20 a 80 personas), lo que está en congruencia con el Derecho a la Salud establecido en el Artículo 4°. Constitucional. Así los hospitales de cobertura deberán de ser los encargados de la supervisión del proceso de investigación y la atención oportuna de cualquier evento adverso que se pudiera suscitar por la administración del fármaco en estudio, como se encuentra establecido el Artículo 14, inciso X, del reglamento antes citado: "Será responsabilidad de la institución de atención a la salud en la que se realice la investigación, proporcionar atención médica al sujeto de investigación que sufra algún daño, si estuviera relacionado directamente con la investigación, sin prejuicio de la indemnización que legalmente corresponda" (Decreto por el que se reforma, adicionan y derogan diversas disposiciones del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, 2014). Esta responsabilidad ha estado presente en este reglamento desde su creación en 1983, solo que estaba ubicada en el Artículo 19 del mismo reglamento, que fue derogado y ahora está en el Artículo 14, inciso X. Esta responsabilidad es una de los razones por las cuales deberán de ser los Comités de Ética en Investigación de las instituciones de salud de cobertura, quienes evalúen los protocolos que se piensan realizar con los pacientes que ahí son atendidos.

Las Fases I a IV, establecidas para realizar investigaciones farmacológicas, llevan a los objetivos de evaluar la eficacia y seguridad del fármaco en estudio. En los países que no cuentan con el derecho a la salud, tienen que realizar la supervisión de los procesos mediante la monitorización, lo que cobra relevancia si hablamos de eventos adversos. A diferencia de México, donde el cuidado a la salud recae en

el estado mexicano en congruencia con el Derecho a la Salud consignado en el Artículo 4°. Constitucional, que se instrumenta mediante los hospitales de cobertura, que son las instancias legales responsables de la seguridad y por lo tanto del seguimiento, ya que las Fases I y II se deberán realiza en grupos pequeños (20 a 80) hospitalizados. Este derecho que tenemos los mexicanos debe ser uno de los criterios fundamentales en la evaluación de protocolos de investigación farmacológica que se pretendan realizar en México, de acuerdo a lo establecido en la legislación indicado en el Artículo 13 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, 1983, que establece: "Artículo 13.- En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberán prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar".

El respeto a los derechos de los sujetos de investigación también se encuentra establecido en el Artículo 10 de la Declaración de Helsinki (2013): "Artículo 10. Los médicos deben considerar las normas y estándares éticos, legales y jurídicos para la investigación en seres humanos en sus propios países, además de las normas y estándares internacionales vigentes. No se debe permitir que un requisito ético, legal o jurídico nacional o internacional disminuya o elimine cualquier protección para las personas que participan en la investigación establecida en esta Declaración".

Es importante que un estudio farmacológico que se proponga demuestre mediante la publicación de los resultados, que la investigación ha pasado por las diferentes fases establecidas en la legislación mexicana, indicando con puntualidad a que fase corresponde el estudio que so-

mete a evaluación al Comité de Ética en Investigación.

En investigación farmacológica en la Fase I se evalúa la seguridad del fármaco en estudio, mediante el reconocimiento de eventos adversos, para establecer los límites probables de valores de dosis clínicas seguras, la farmacocinética al evaluar la absorción, distribución, metabolismo y excreción del fármaco que se estudia; y la farmacodinamia o farmacodinámica donde se estudia los efectos bioquímicos y psicológicos del fármaco además de los mecanismos de acción y la relación entre la concentración del fármaco y el efecto que produce en el organismo. Esto se realiza en pequeños grupos de voluntarios sanos de 20 a 80 personas, siendo estudios no segados, así los sujetos de estudio y los investigadores conocen el medicamento que se está administrando. En esta fase solo se incluye a sujetos sanos, ya que no se evalúa el valor diagnóstico, ni terapéutico de fármaco. En México al estar la supervisión a cargo de la institución de salud de cobertura, se realiza con sujetos hospitalizados, que implica una asistencia de personal especializado de la misma institución las 24 horas del día.

"Artículo 66.- La investigación de medicamentos en farmacología clínica comprende la secuencia de estudios que se llevan a cabo desde que se administra por primera vez al ser humano, hasta que se obtienen datos sobre eficacia y seguridad terapéutica en grandes grupos de población. Para tal efecto se consideran las siguientes fases:

"FASE I.- Es la administración por primera vez de un medicamento al ser humano sano, sin beneficio diagnóstico o terapéutico, en dosis únicas o múltiples, en pequeños grupos hospitalizados, para establecer parámetros farmacológicos iniciales en el hombre" (Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, 1983: Art. 66).

En este contexto la evaluación de los estudios de bioequivalencia se regula desde la consideración de ser estudios Fase I, ya que son estudios donde se comparan los medicamentos genéricos con medicamentos de referencia, a partir de la utilización del mismo principio activo. Es adecuado el considerar estos estudios como Fase I al ser realizados en sujetos sanos, estos medicamentos y ya han sido evaluados en cuanto a la seguridad y eficacia de ahí que se encuentren en el mercado internacional; siendo la seguridad la valoración que requieren, pero ahora evaluado en el país donde se piensan utilizar. La legislación mexicana establece que los estudios farmacológicos Fase I se realice en sujetos sanos hospitalizados, como lo indica la misma legislación mexicana. Siendo además regulados, como proceso donde no han tenido evaluación previa, como Fase IV, donde también se estudia la interacción entre fármacos, que ya no corresponderían a la Fase I.

En la Fase II, una vez obtenida la información respecto a la seguridad del fármaco mediante la observación, registro y atención de los eventos adversos, en su caso, permite establecer límites probables de dosis clínicas seguras, la farmacocinética y farmacodinamia del fármaco en estudio. En la Fase II se realiza investigación donde ya se encuentra implicada la eficacia y seguridad del fármaco, en esta fase los experimentos se realizan en personas enfermas, en grupos pequeños (de 20 a 80

sujetos), aleatorizados y cegados, deben de contemplar la participación del grupo experimental y el grupo control; bajo la supervisión del Comité de Ética en Investigación de la institución de donde proceden los sujetos de investigación, que primero son enfermos y participan voluntariamente en una investigación en salud. Como lo indica la Declaración de Helsinki en su Art. "4. El deber del médico es promover y velar por la salud, bienestar y derechos de los pacientes, incluidos los que participan en investigación médica. Los conocimientos y la conciencia del médico han de subordinarse al cumplimiento de este deber" (Declaración de Helsinki, 2013).

En México, la legislación establece que estos estudios farmacológicos deberán de ser realizados bajo las siguientes consideraciones: "FASE II.- Es la administración de un medicamento de investigación de ser humano enfermo, en dosis únicas o múltiples, en grupos pequeños hospitalizados, para determinar su eficacia inicial y otros parámetros farmacológicos en el organismo enfermos (Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, 1983: Artículo 66).

En la Fase III, se realizan ensayos clínicos controlados para obtener datos de eficacia y seguridad del fármaco en estudio en grupos grandes de pacientes ambulatorios que pueden ser de 1000 a 3000 pacientes, que deben ser monitorizados. Cuando el grupo patrocinador de los estudios farmacológicos, mediante la evaluación del grupo de investigación, reconoce que los datos obtenidos en la Fase III justifica la aprobación del estudio al ser eficaz y seguro para el uso propuesto, solicita la aprobación a las instancias reguladoras de los países en los que se pretende introducir en su mercado. En México ante la Secretaría

de Salud que regula desde la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). En Estados Unidos ante la Food and Drug Administration (FDA). En la Comunidad Europea, ante la European Medicines Agency (EMEA). En Japón ante el Ministry of Health Labour and Welfare (MHLW). Para continuar con la realización de los ensayos clínico del fármaco en estudio.

En México la legislación establece que para la "Fase III.- Es la administración de un medicamento de investigación a grupos grandes de pacientes, generalmente externos, para definir su utilidad terapéutica e identificar reacciones adversas y factores externos que puedan alterar el efecto farmacológico" (Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, 1983: Artículo 66).

La Fase IV, se realiza posteriormente al contar con el permiso de las autoridades competentes para su comercialización y venta del producto farmacológico, es una fase que se utiliza para designar a los procedimientos que se realizan en investigación después de haber obtenido su licencia y en la disposición de nuevos fármacos para su uso clínico extenso en población abierta. En la Fase IV, los medicamentos farmacológicos a los que se les ha terminado su periodo de posesión de la patente (por lo general es de 20 años), se abre al libre mercado y otras industrias farmacéuticas, son quienes los someten a evaluación en México en los llamados "Terceros Autorizados", quienes invitan a participar a personas sanas a quienes se les paga por su participación y es evaluada la seguridad del medicamento, estos sujetos de estudio permanecen en el Tercer Autorizado, que son pequeños hospitales bien instalados y quienes son responsables de atender cualquier evento adverso que pudiera suceder, actuando bajo la supervisión directa de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

En esta fase se realizan estudios de biodisponibilidad y bioequivalencia. En los estudios de biodisponibilidad se estudia la cantidad y velocidad de un fármaco que ingresa al organismo (absorción) y llegara estar disponible en el sitio de acción, además de la concentración del principio activo en el torrente sanguíneo con relación al tiempo y las vías de administración (una inyección intravenosa tiene una biodisponibilidad del 100%, no así la administrada por vía oral), son por tanto estudios a dosis únicas, donde se evalúa en participantes sanos, para reconocer dosis máximas.

En los estudios de bioequivalencia, que es un término empleado en farmacocinética para evaluar comparativamente la equivalencia terapéutica in vivo de dos formulaciones que contienen el mismo principio activo, se estudia la equivalencia con relación a la eficacia, calidad y seguridad en el paciente, respecto a uno de referencia. Al ser los estudios de bioequivalencia donde se compara los medicamentos genéricos con los medicamentos de referencia, a partir de la utilización del mismo principio activo, se requiere de la colaboración que los Comités de Ética en Investigación deben tener con el área de Farmacovigilancia de la institución.

En la Fase IV también se realizan estudios de interacción farmacológica, donde se evalúa la farmacocinética del fármaco y la farmacocinética de los otros fármacos en interacción. Se realizan después de ser publicados los resultados de estudios in vitro, en base a estos se realizan preferiblemente con un diseño de grupos cruzados,

con voluntarios sanos y se llegan a proponer en sujetos enfermos para evaluar la farmacodinamia cuando son demasiado tóxicos, como en los que emplean contra el cáncer; este tipo de estudios no se pueden realizar en México, gracias a la protección a los sujetos de investigación que se establece en las leyes mexicanas. El Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (1983), indica: "Artículo 13.- En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberán prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar". Y en el Artículo 14, inciso IV, "Articulo 14.- La investigación que se realice en seres humanos deberá desarrollarse conforme a las siguientes bases: ... "IV.- Deberá prevalecer siempre las probabilidades de los beneficios esperados sobre los riesgos predecibles...". Esto refiere al hombre en la concreción de existencia, en su estar siendo, así, y en base a una evaluación riesgo-beneficio, en la consideración de que debe de prevalecer las probabilidades de beneficios sobre los riesgos en los sujetos de investigación. Esta consideración se encuentra presente en esta justa indicación que está en el Artículo 4°, de la Declaración de Helsinki (2013): "4. El deber del médico es promover y velar por la salud, bienestar y derechos de los pacientes, incluidos los que participan en investigación médica. Los conocimientos y la conciencia del médico han de subordinarse al cumplimiento de este deber".

Casos de conflictos éticos en protocolos farmacológicos, que se han presentado en Comités de Ética en Investigación, en instituciones de salud en México. Es cuando se llega a presentar la solicitud avalada por la Food and Drug Adminstration (FDA) que es la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación

de alimentos, medicamentos, cosméticos, aparatos médicos, productos biológicos y derivados sanguíneos. Al presentar como aval de la investigación propuesta en una institución de salud mexicana, el permiso otorgado por la FDA no tiene validez para que se realice y el Comité de Ética en Investigación de la institución de cobertura, será responsable de emitir el dictamen, en congruencia con el Derecho a la Salud (Art. 4°. Constitucional), deberá de evaluar protegiendo los derechos, la seguridad y la dignidad de las personas que están bajo su protección. En México la investigación farmacológica deberá de realizarse de acuerdo con lo establecido en la legislación mexicana, a partir de las indicaciones asentadas la Ley General de Salud (2006) y en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (1983) y en otros reglamentos en su caso. Así el aval de la FDA tiene validez para investigaciones que se realicen en países donde esta instancia sea la que regula la investigación en salud; pero en México ha de realizarse de acuerdo con lo establecido en nuestra legislación y la supervisión de que esto así suceda es de los Comités de Ética en Investigación de los hospitales de cobertura y de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

Se llegan a presentar protocolos farmacológicos Fase II en pacientes ambulatorios, lo que si bien es posible en protocolos avalados por la FDA, esto no puede ser permitido en investigaciones farmacológicas realizados en México, ya que este tipo de estudios se debe hacer en grupos pequeños de personas enfermas hospitalizadas, como está establecido en el Artículo 66, del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (1983). En protocolos farmacológicos que son multina-

cionales, el deber de los Comités de Ética en Investigación será indicar que al no corresponder los grupos que se integran en las diferentes fases y las formas de supervisión, deberán de adecuarse el protocolo para la participación de los grupos de estudio en México a los requisitos establecidos en la legislación mexicana, si no es así, el Comité de Ética en Investigación no estará cumpliendo con el encargo de vigilar que sean respetados los derechos de los mexicanos. La protección hacia los derechos de los sujetos de investigación aparece, también, en la Declaración de Helsinki (2013), en su Artículo "10. Los médicos deben considerar las normas y estándares éticos, legales y jurídicos para la investigación en seres humanos en sus propios países, al igual que las normas y estándares internacionales vigentes. No se debe permitir que un requisito ético, legal o jurídico nacional o internacional disminuya o elimine cualquier medida de protección para las personas que participan en la investigación establecida en esta Declaración".

Otro conflicto ético se llega a presentarse en los protocolos Fase II, en los que se pretende estudiar la eficacia y seguridad de medicamentos que han sido aprobados para otro tipo de patologías diferentes de las que se quiere estudiar, en relación al fármaco con el que se pretende experimentar; en estos protocolo debe de ser considerados los eventos adversos que va se tienen reconocidos, producto de los fármacos que le fueron clínicamente prescritos, y a estos, añadir los que generará el fármaco en estudio, que si bien la evaluación se debe establecer en base a una relación riesgo – beneficio, es importante que muestren evidencia de que habrá un aporte, con un impacto benéfico directo a los sujetos de estudio, que supere a los tratamientos disponibles para la patología en la que se piensa utilizar el fármaco que se propone para su estudio.

Es claro que no se puede permitir el uso de placebos, si no son estos los tratamientos estándar establecidos, como se indica en la Declaración de Helsinki: "33. Los posibles beneficios, riesgos, costos y eficacia de toda intervención nueva deben ser evaluados mediante su comparación con las mejores intervenciones probadas, excepto en las siguientes circunstancias: Cuando no existe una intervención probada, el uso de un placebo o ninguna intervención es aceptable..." (Declaración de Helsinki, 2013: Artículo 33). La misma declaración indica que de haber una ventaja en la intervención, se tendrá que establecer un compromiso desde la Carta de Consentimiento Informado del acceso posterior a la investigación, si se demuestra que habrá un beneficio y hay participantes que no hayan tenido acceso a este, como justa retribución a su participaron, "34. Antes del ensavo clínico, los auspiciadores, los investigadores y los gobiernos de los países anfitriones deben prever el acceso post ensayo a todos los participantes que todavía necesiten una intervención que ha sido identificada como beneficiosa en el ensavo. Esta información también debe ser proporcionada a los participantes durante el proceso del consentimiento informado" (Declaración de Helsinki, 2013: Artículo 34).

Es frecuente que en los protocolos que se someten a evaluación en los Comités de Ética en Investigación no incluyan los procedimientos alternativos que pudieran ser favorables para los sujetos de investigación, y esto debe ser una exigencia, particularmente en las investigaciones farmacológicas, lo que está establecido en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, en su artículo 21 inciso "V. Los procedimientos alternativos que pudieran ser ventajosos"; esto es independiente a que ya se les havan dado a conocer en el ámbito clínico, donde el médico tratante está obligado a presentarles a sus pacientes esta información de forma suficiente, clara, oportuna y veraz, así como la orientación que sea necesaria respecto de la atención de su salud y sobre los riesgos y alternativas de los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y quirúrgicos que se le indiquen o apliquen, así como decidir libremente sobre su atención (Ley General de Salud, Capítulo. IX. Derechos y Obligaciones de los Beneficiarios Artículo 77 bis 37, incisos V y VIII).

Otra falta ética es cuando no se refieren en la Carta de Consentimiento Informado todos los eventos adversos reconocidos del fármaco en estudio o que la importancia de los eventos adversos sea minimizada, por lo que se les debe exigir que retirar las valoraciones o eufemismos respecto a las posibles consecuencias de la intervención.

Se presentó un protocolo en los que se solicitó que se suspenda por un periodo de 25 días un medicamento antinflamatorio que forma parte del tratamiento clínico. Esto es inadmisible. De ahí la necesaria supervisión de los procedimientos en la investigación, particularmente en investigación farmacológica, donde se han llegado a presentar graves faltas como que al paciente se le prive de atención oportuna por problemas en la implementación de la investigación, por increíble que parezca, por lo que hay que supervisar la caducidad de los medicamentos empleados. Vigilar que no se administren dosis o se implementes procedimientos fuera de los especificado en el protocolo. Que la investigación no sean vulgares negocios, que en realidad lo que buscan es reclutar pacientes en los protocolos, ya que para ello les pagan. Comportamientos violatorios de la condición humana.

Cuando se evalúan un promedio de 15 protocolos mensuales de investigaciones en salud, sometidos a los Comités de Ética en Investigación, nos encontramos con más de 100 protocolos ejecutándose, resulta inoperable que se supervisen todos los procedimientos, sin embargo, cuando tenemos dudas respecto a las formas de actuar, habrá que diseñar los mecanismos para supervisar las intervenciones realizadas en los pacientes que participan como sujetos de estudio, por ejemplo, mediante la revisión del expediente clínico, o el asignar aval ético a un Jefe de Área por parte del Comité de Ética en Investigación para supervisar que todas las tomas de muestra que se realicen (para una determinada investigación) sean las clínicamente indicadas, así también estrategias de seguimiento, como reportes bimestrales o supervisión permanente de eventos adversos de la población de estudio. De ahí la relevancia de colaborar con el Área de Farmacovigilancia.

Se llegan a proponer investigaciones que presentan en su diseño, el experimentar con eventos adversos ciertos, como el proponer "retos con aspirina" a sujetos que son alérgicos la aspirina, en verdad que es sorprendente que esto suceda actualmente, que se pretenda someter a alergenos a personas alérgicas a estos, como exponer a personas de quienes se sabe son alérgicos a determinadas plantas, como el maíz.

En México la investigación clasificada como de riesgo mayor al mínimo en mujeres en edad fértil, solo es permitida de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, 1983 (RLGSMIS), que en su artículo 42 establece: "Artículo 42.- En las investigaciones clasificadas como de riesgo mayor al mínimo que se realicen en mujeres en edad fértil, deberán de tomarse las medidas para: I. Certificar que las mujeres no están embarazadas, previamente a su aceptación como sujetos de investigación, y II. Disminuir en lo posible el embarazo durante el desarrollo de la investigación". Se ha llegado a presentar un protocolo en el que se pretendía la autorización de un consentimiento informado, en el que se solicitaba que de quedar embarazadas las mujeres que participaban en la investigación farmacológica propuesta, se permitiera realizar el registro de las mediciones para evaluar sus efectos adversos, además de los parámetros que se pretendían medir, hasta el final del embarazo y seis meses después. En la revisión de los estudios realizados en este fármaco. no existe evidencia de mediciones en mujeres embarazadas y pretendían de esta manera realizar estas mediciones; esto no se les ha permitido en el país de origen del estudio y pretendían por esta vía realizarlo en México. Este protocolo internacional fue presentado por varias compañías farmacéuticas. En México para que puedan realizar el protocolo farmacológico propuesto, deberán de demostrar que tienen controlada la posibilidad de embarazo en las mujeres fértiles que participan libremente en la investigación; y para que no quede duda respeto a lo establecido en la legislación mexicana, no les debe ser permitido que registren datos de la investigación propuesta relacionados con mujeres que queden embarazadas en el proceso de la investigación. El Derecho a la Salud (Art. 4°. Constitucional) es re-

sultado de la Revolución Mexicana (1910 - 1917), un millón de muertos en un país en el que había 15 millones de habitantes, es lo que soporta estas conquistas sociales, son leves que crean sentido de identidad colectiva, derechos de los mexicanos. En México es responsabilidad del grupo de investigadores, supervisar que las mujeres que participan en una investigación en salud, proporcionarles las medidas adecuadas para que la prevención del embarazo se realice y el Comité de Etica en Investigación que esto así suceda. Solo se permite realizar investigaciones en salud en mujeres embarazadas, en sus embriones o fetos, en investigaciones sin que sea con riesgo mayor al mínimo, (RLGSMIS, Art. 45); o cuando en las mujeres embarazadas implique una intervención o procedimiento experimental no relacionado con el embarazo, pero con benéfico terapéutico para la mujer, sin exponer al embrión o feto a un riesgo mayor al mínimo, excepto cuando el empleo de la intervención o procedimiento se justifique para salvar la vida de la mujer (RLGSMIS, Artículo 46); y cuando tenga por objeto mejorar la salud de la embarazada, con riesgo mínimo para el embrión o feto o busque incrementar la viabilidad del feto con riesgo mínimo para la embarazada (RLGSMIS, Art. 47).

También encontramos conflictos éticos al evaluar protocolos farmacológicos, cuando se introduce la figura de "Medicamentos Compasivos", que es una designación relacionada con el altruismo que se inscribe en el ámbito de la atención clínica. Los medicamentos compasivos se administran en los pacientes antes de que tengan la aprobación oficial para su uso o que este se haya aprobado para su utilización en otras patologías distintas para a que se piensa utilizar y es común que provengan

de donaciones altruistas de la industria farmacéutica. En estos casos es el clínico quién toma la decisión para la aplicación, sobre todo cuando se encuentra en la situación al final de la vida de su paciente, como es en enfermos terminales de cáncer, donde se autoriza por parte del área clínica del uso de un medicamento que no está contemplado en el cuadro básico de la institución de salud, pero que ha mostrado un efecto benéfico en pacientes con una patología similar otros países. El conflicto ético está en ¿si los fármacos que se pretenden estudiar forman parte de una intervención clínica bajo la figura de "Medicamentos Compasivos", para ayudar a los pacientes. Este es su ámbito de justificación. Lo que nos lleva a la reflexión ética respecto a lo que se hace. Congruencia. Todo esto sucede en el ámbito clínico. No se corresponde a los establecido para regular la investigación en salud donde participan personas como sujetos de investigación. El contar con estos recursos farmacológicos no implica que se puedan utilizar para la investigación, para esto deberán de realizar los procedimientos establecidos en la legislación nacional mexicana.

Conclusiones.

La necesidad de regular el comportamiento ético cuando se realizan investigaciones donde participan personas como sujetos de investigación es necesaria, ya que la violación de la condición humana es algo que será siempre deleznable y para eso se requieren las leyes. En el caso de la legislación mexicana en materia de investigación en salud donde participan sujetos humanos es una regulación correcta por justa, respetuosa e integradora de la opinión internacional, fundada en las experiencias que se han vivido de brutalidades inauditas. Solo que, en el caso de la legislación mexicana, adquiere una característica que hace aún

más efectiva la seguridad de los participantes, así como la vigilancia del respeto a su dignidad y sus derechos, ya que al ser un derecho constitucional el Derecho a la Salud (Art. 4°. Constitucional), el respeto a este derecho se ha fincado en la cobertura, de donde se desprende una serie de consideraciones para que esta prerrogativa se cumpla al realizar investigación en salud donde participan sujetos de investigación.

En el marco de la normativa nacional e internacional, nuestra experiencia como miembros de comités de ética en investigación, nos lleva a reconocer que los referentes de evaluación han de partir de las siguientes consideraciones, válidas para todos los participantes en investigaciones en salud donde cooperen sujetos humanos, entendiendo la cooperación como la participación en un proceso productivo. Estas consideraciones son: 1) la protección; 2) el bienestar; 3) el respeto a los derechos; 4) el respeto a la dignidad; teniendo especial atención en los sujetos vulnerables; estas consideraciones han de ser evaluadas desde la relación Riesgo – Beneficio.

Bibliografía:

- Álvarez Díaz, Lolas Stake y Outomuro Delia. "Historia de la ética en investigación con seres humanos". En: Investigación en Salud. Dimensión Ética. Editores Lolas, Quezada y Rodríguez. Chile: Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile, Centro interdisciplinario en Estudios en Bioética. 2006.
- Código de Nuremberg. http://www. conbioetica-mexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/2.INTL._Cod_Nuremberg.pdf (consultado, mayo de 2022)

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 2019.
- Declaración de Helsinki. Fortaleza Brasil. 2013.
- Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para
- la Salud. México: México: Diario Oficial de la Federación. 2014.
- Ley General de Salud. Última reforma publicada DOF 24-04-2006
- Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. México: Secretaría de Salud. 1983.



Pigmentos Naturales 63

Resumen

En este trabajo se muestra un panorama de los pigmentos naturales más importantes que han sido usados a lo largo de la historia, desde la prehistoria hasta la actualidad. Se describe su composición, su relación con el color, algunas de sus aplicaciones y su evolución histórica.

Palabras clave. Pigmentos; Óxidos metálicos; Colorantes; Color.

Abstract

This work shows an overview of the most important natural pigments that have been used throughout history, from prehistory to the present. Its composition, its relationship the colour, some of its applications and its historical evolution are described.

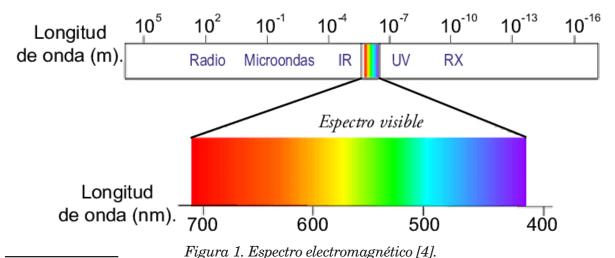
Key words. Pigments; Metal Oxides; Dyes; Colour.

1. Introducción.

El color en la naturaleza es uno de los acontecimientos maravillosos que disfrutamos en nuestra vida diaria. La mayoría de los hermosos colores que observamos son producidos por distintos pigmentos naturales.

La palabra color tiene diferentes interpretaciones. Por ejemplo, el físico relaciona el color con fotones (o partículas) de cierto nivel de energía, el fisiólogo con el estímulo de la luz en la retina y el químico, con un colorante (y con todo lo anterior) (Flores B. y col., 1995).

Para percibir el color de un objeto es necesaria la luz, la cual son ondas electromagnéticas que, según su energía, forman el espectro electromagnético. Un objeto tiene un color específico por dos razones: refleja o transmite ese color, o absorbe luz del color complementario. Las sustancias coloreadas son las que absorben luz en la región visible del espectro electromagnético (longitudes de onda (λ^1) entre 380 y 750 nm) (Figura 1). Una sustancia muestra el color complementario del que absorbe ya que éste se resta de la luz reflejada o transmitida. Las sustancias que no absorben luz visible son blancas o incoloras, y las que absorben todas las longitudes de onda, se ven negras. Si la banda de absorción es aguda el color es brillante, mientras que una banda ancha y difusa es la que da lugar a un color opaco [Flores B. y col, 1995, Manzano C., 2009).



 $^{1}E = h\nu = h_{-}^{c}$

En el sistema aditivo del color, se usa la luz roja-verde-azul (RGB, por sus siglas en inglés) (Figura 2) (Minerva, 2022) para realizar mezclas y reproducir los colores en los pigmentos. En este sistema se clasifican los colores como, primarios, secundarios, terciarios y complementarios. Los primarios están constituidos por tres grupos; en el primero, están el amarillo, el rojo y el azul. Mezclando pigmentos con estos colores se obtienen a los demás. En el segundo están, el amarillo, el verde y el rojo. Estos al mezclarse, dependiendo de la proporción forman otros colores y si se mezclan en cantidades iguales producen el color blanco (mezcla aditiva). En el tercer grupo están, el magenta, el amarillo y el cian, estos son usados como tintas de impresión.

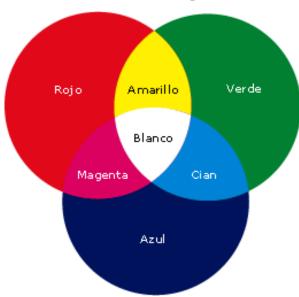


Figura 2. Mezcla aditiva (RGB)

Entre los **secundarios** están el verde, el violeta y el naranja, que se obtienen de la mezcla, en cantidades iguales, de dos de los elementos del primer grupo de los colores primarios.

Los **terciarios** se componen del rojo violáceo, el rojo anaranjado, el amarillo

anaranjado, amarillo verdoso, azul verdoso y azul violáceo. Estos surgen de una misma proporción de un color primario y otro secundario.

Se dice que dos colores son **complementarios** si en su mezcla aditiva (modelo donde se obtiene el color a partir de la suma de los llamados colores espectrales) al combinar a todos.

los colores se produce el color blanco. En el caso de los colores primarios, son complementarios entre sí, rojo y cian, verde y magenta, y azul y amarillo. En la Figura 2 podemos observar cómo están ordenados estos colores complementarios (uno enfrente del otro).

La **materia colorante** es una sustancia de origen natural, orgánico (vegetal o mineral) o sintético, la cual por su constitución química o por su estructura cristalina, posee color. Pueden ser incorporadas a otros materiales, por dispersión o por disolución y se dividen en dos grandes grupos: los colorantes y los pigmentos.

Un **colorante** es un compuesto orgánico que al aplicarlo a un sustrato (generalmente una fibra textil, pero puede ser cuero, papel, plástico o alimento) le confiere un color más o menos permanente. Un colorante se aplica en disolución o emulsión y el sustrato debe tener cierta afinidad para absorberlo. Los colorantes son, en general, **solubles** en el medio de impregnación, en los propios sustratos en el que se aplican, o en el producto final.

Por su parte, los **pigmentos** pueden ser biológicos, orgánicos, organometálicos, o inorgánicos (metálicos o minerales). Son partículas sólidas de color, **insolubles** en el medio a colorear y no son afectados, Pigmentos Naturales 65

Pigmento	Origen Natural	Lugar Origen	Color
Índigo	planta	India y México	azul
	Indigofera Tinctorea		
Amarillo Indio	orina	India	amarillo
	Vacas alimentadas con mango		
Carmín	insecto	Perú y México	rojo
	Cochinilla (Dactylopius Coccus)		
Púrpura	molusco	México	violeta
	caracol púrpura		
Negro de Humo y	hollín de aceites y grasas	Italia	negro
Negro de huesos	hollín de huesos de animales		
Siena Natural	tierra	Italia	marrón
	con hierro y manganeso		

Tabla 1. Ejemplo de algunos pigmentos naturales

física y químicamente, por el soporte o sustrato sobre el que están depositados. Los pigmentos conservan su estructura de partícula cristalina durante todo el proceso de fabricación y se distinguen de los colorantes, principalmente por la forma en cómo se aplican, más que por la composición química, aunque algunos autores centran la diferencia entre colorantes y pigmentos en la forma en cómo interactúan con la luz (Espinoza F.H., 2008, San Andrés y col., (2010).

La mayoría de los **pigmentos son colorantes** secos que se presentan como un polvo fino. Este polvo se añade a un aglutinante neutro e incoloro que se suspende en solución para formar un revestimiento (lo que técnicamente se denomina suspensión coloidal) (Pérez- López O., 2001).

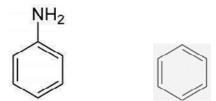
Según su composición química, los pigmentos se pueden englobar en dos grandes tipos: **orgánicos** e **inorgánicos**, y según su origen, en **naturales** y **artificiales** o **sintéticos**. También, dentro de los actuales pigmentos existe la combinación de compuestos orgánicos e inorgánicos y son los llamados pigmentos híbridos (Lima E., 2009).

Actualmente, algunos defensores de la naturaleza plantean argumentos en contra del uso de los **pigmentos naturales** (vegetales, moluscos, insectos o minerales) (Tabla 1), en particular, en la industria textil, porque un manejo inadecuado de ciertas plantas venenosas, o su combinación con sales de metales pesados u otras sustancias que se aplican como fijadores, pueden presentar peligros de toxicidad, además de que la exposición al calor o al sol degrada el color. Sin embargo, los pigmentos naturales se han usado desde la época prehistórica y se siguen usando.

Entre las características que describen a los pigmentos están: la fuerza de coloración, el matiz (o color), la dispersabilidad y el poder de recubrimiento. Además, se tienen otras propiedades que son importantes a considerar según su aplicación final y se mencionan a continuación: la estabilidad ante la luz solar, ante la temperatura, la resistencia a distintos productos químicos y la resistencia a la migración.

Desde la perspectiva de la química son los grupos funcionales los responsables de producir color y se utilizan los términos cromóforos y auxocromos para nombrarlos.

Los cromóforos (chromos = color; foro = portador) son los grupos responsables de generar el color y los auxocromos (auxo = aumentar; chromos = color) tienen la propiedad de intensificar la acción de los cromóforos. En general, los grupos cromóforos están unidos a un grupo aromático, tipo bencénico (Figura 3). Los cromóforos, algunos se presentan en la Tabla 2, son los que generan color y al modificarlo, se generan otros colores o tonos. Conforme aumenta la complejidad del grupo funcional el color se hace más oscuro (Monros G. y col., 2003).



Anilina (λ =250 nm) Benceno (λ = 254 nm)

Figura 3. Ejemplo de grupos bencénicos.

Los auxocromos, son grupos que por sí solos no dan color, pero en conjunto con un cromóforo aumentan la intensidad del color. En la Tabla 3 se presentan algunos ejemplos de auxocromos (Monros y col. 2003).

Ácidos	Básicos
Fenólico (OH)	Amino (NH ₂)
Sulfónico (SO ₂)	Amino (NH-R)
Carboxilo (CO-OH)	Amino (N-R ₂)

Tabla 3. Principales auxocromos

A continuación, se describen algunos de los pigmentos inorgánicos y orgánicos naturales más utilizados.

2. Pigmentos inorgánicos.

Los pigmentos inorgánicos también se conocen como pigmentos minerales, pues algunos de ellos son naturales. Generalmente, son compuestos metálicos que se obtienen a partir de sustancias inorgánicas provenientes de la extracción en cuevas o minas. Estos pigmentos se clasifican, según el color, en: blancos, coloreados y negros (Figura 4 y Tabla 4).

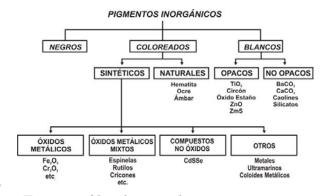


Figura 4. Clasificación de pigmentos inorgánicos según el color (Monros y col., 2003)

Nombre	Azo	Nitro	Nitroso	Azometilo	Azoxy
Estructura	HN=NH	-NO ₂	-N=O	>C=NH	HN=N-O
Nombre	Carbonilo	Tiocarbonilo	Quinonas	Etileno	Antraceno
Estructura	>C=O	>C=S	0=(=)=0	H ₂ C=CH ₂	

Tabla 2. Principales cromóforos.

Pigmentos Naturales 67

COLOR	NOMBRE Y COMPOSICIÓN	IMAGEN (Ejemplos)
NEGROS	Negro humo (carbón o dióxido de manganeso)	Negro de carbón
BLANCOS	Calcita: carbonatos de calcio Hidrocerusita y cerusita: blancos de plomo (hidroxicarbonato de plomo) Barita (sulfato de bario)	Calcita
AMARILLOS Y NARANJAS	Limonita: ocre (goetita y otros óxidos de hierro) Sienas: Oropimente y rejahieros (sulfuros de arsénico). Litargirio: (sales de plomo, cromo y hierro) Amarillo Nápoles	Mineral de ocre (goetita)
ROJOS	Ocres rojos: (óxidos de hierro) Cinabrio: bermellón (sulfuros de mercurio) Rojo de plomo: minio (tetróxido de plomo)	Ocre rojo (hematita)
AZULES Y VERDES	Lazurita: azul ultramar o lapizlázuli (silicato de sodio, aluminio y azufre). Azurita: (hidroxicarbonato de cobre (II)) Azul egipcio (silicato de calcio y cobre) Violetas: (sales de cobalto) Verdigris: (acetatos de cobre, fosfosilicatos de hierro y magnesio) Malaquita: (hidroxicarbonato de cobre (I))	Azul egipcio

 $Tabla\ 4.\ Clasificaci\'on\ de\ pigmentos\ [1]\ https://www.avesfotos.eu/mineral-ocre.html$

Los pigmentos inorgánicos, por su característica metálica, tienen una fuerza colorante inferior y una mayor toxicidad, que los pigmentos orgánicos. En particular, son objetados los amarillos de cromo y los naranjas de molibdeno debido a la presencia de plomo, adicional a la de Cr y Mo, en su composición.

Dentro de la familia de pigmentos inorgánicos también se incluyen a los llamados pigmentos de efecto, como son: los metálicos (bronces en polvo o purpurinas y aluminios), los fosforescentes, los fluorescentes y los perlados o perlescentes (San Andrés y col., 2010).

2.1. Tipos de tratamientos

Después del proceso de separación, a los pigmentos se les aplican diversos **tipos de tratamientos** como son: el lavado, la exposición al aire o al sol, el quebrado, la pulverización y la calcinación mediante cocción y el proceso de molienda, repetidos estos dos últimos hasta lograr alcanzar el tono deseado y un tamaño de partícula homogéneo. La molienda es una etapa muy importante debido a que el poder de recubrimiento del pigmento es proporcional al tamaño de partícula del sólido.

Mencionamos aquí tres ejemplos particulares de tratamientos:

- Precipitación y secado: para amarillos de cromo, naranjas de cromo y de molibdato.
- Precipitación, secado y calcinación: para los pigmentos de cadmio y el azul de ultramar.
- Calcinación de mezcla de óxidos: titanato de níquel.

Los tratamientos de calcinación tienen la ventaja de que los pigmentos obtenidos a altas temperaturas presentan una mayor estabilidad al calor y una mejor solidez a la intemperie.

2.2. Propiedades de los pigmentos

El color en los pigmentos inorgánicos está dado tanto por las propiedades estructurales como por las electrónicas

El comportamiento del color en los pigmentos inorgánicos está relacionado con la distribución de los electrones (partículas negativas) en los átomos metálicos. En particular, los metales de transición tienen electrones ubicados en los orbitales d de energía, los cuales bajo la influencia de los ligandos (moléculas o iones unidos a los átomos de metal) pueden absorber energía en la región visible del espectro (Figura 1) y de ahí la presencia del color (Flores B. y col., 1995; Marcano D., 2008).

Todos los pigmentos inorgánicos, a excepción de algunos, tienen estructuras cristalinas bien definidas que son las responsables de su tamaño, forma y color. Algunos compuestos pueden tener distintas organizaciones cristalinas (son los llamados pigmentos *polimórficos*). A las unidades más pequeñas de estos cristales se les llama **partículas primarias**, que son muy pequeñas, se atraen entre ellas y se pegan unas con otras generando **aglomerados**. Estos aglomerados son los gránulos que se ven en los pigmentos.

Por tanto, entre las propiedades físicas, el tamaño de partícula del pigmento es muy importante, ya que afecta el color, el brillo, la transparencia, la distribución y la estabilidad de las partículas en la dispersión. Este tamaño es muy pequeño y se mide en unidades de longitud (µm, *micrómetro o micra* = 10–3 mm). Los valores típicos de diámetro medio de las partículas primarias son:

Pigmentos Naturales 69

- negro de carbón 0.01-.08 μm,
- dióxido de titanio 0.22 a 0.24 μm,
- orgánicos 0.01 a 1.00 µm,
- inorgánicos 0.10 a 5.00 μm.

El área superficial de un pigmento es otro parámetro importante y es la suma de las áreas de todas las partículas primarias contenidas en 1 gramo de pigmento; se mide en metros cuadrados (m²). Los valores comunes de áreas están entre 10 y 130 m². A medida que el tamaño de partícula del pigmento disminuye, el área de la superficie, por unidad de masa, aumenta.

2.3. Historia

Nuestros antepasados idearon muchas e ingeniosas formas para obtener pigmentos de muchos colores; estos materiales fueron evolucionando en el tiempo y 4 personajes de la historia son importantes para este desarrollo (Tabla 4).

PERSONAJE	DESCRIPCIÓN DE COLORES
Aristóteles	Cuatro colores:
(322 a.C-384 a.C)	Tierra; Fuego;
	Agua; Cielo.
Leonardo Da Vinci	Seis colores:
(1452-1519)	Blanco (principal);
	Amarillo (Tierra);
	Verde (Agua);
	Azul (Cielo);
	Rojo (Fuego);
	Negro (Oscuridad).
Isaac Newton	Principio:
(1643-1727)	La luz es color.
Johann Wolfgang	Psicología
Von Goethe	del color
(1749-1832)	
Albert Einstein	Relación
(1879-1955)	luz - color - energía

Tabla 4. Personajes históricos y su relación con el color.

Del uso de los pigmentos en el arte, podemos hablar de tres periodos: el clásico, el impresionista y el contemporáneo. Esta clasificación se da por los tres momentos importantes en la historia del siglo XIX siguientes: el período clásico, el renacimiento y el contemporáneo, éste último en donde desemboca el panorama actual de disponibilidad de los pigmentos (Figura 5) (Mayer R., 1993).

El **período clásico**, llamado el de la oscuridad. En este período, los pigmentos tienen sus orígenes en las piedras y minerales molidos —como los ocres, óxidos y negros-, materiales que se usaron desde la prehistoria y que aparecen en las pinturas rupestres en las cuevas. En las cuevas de *Twin Rivers*, cerca de Lusaka en Zambia, se encontraron pruebas de que el uso de estos pigmentos data de entre 350,000 y 400,000 años de antigüedad.

Cabe mencionar que, a lo largo de la historia de la humanidad, el color azul ha sido uno de los más cotizados, tal vez debido a la dificultad para obtenerlo. Por ello, los pigmentos azules se más tarde en el tiempo que otros como el rojo, negro, marrón u ocre, más fáciles de conseguir en la naturaleza y que fueron usados en el arte paleolítico. El pigmento azul más cotizado provenía de minerales como el *lapislázuli*, escaso, raro y, por ende, muy costoso. Los mayores yacimientos están situados en el Hindukush de Afganistán. De este lugar traían los egipcios el *lapislázuli* que convertían en azurita (carbonato de cobre); al combinar este carbonato con sílice, producían el polvo que proporcionaba el pigmento azul conocido como azul egipcio (Tabla 4). Este pigmento es un filosilicato de calcio y cobre (CaCuSi₄O₁₀), que en su forma natural como mineral (cuprorivaíta) es muy escaso, de ahí la necesidad de sintetizarlo.

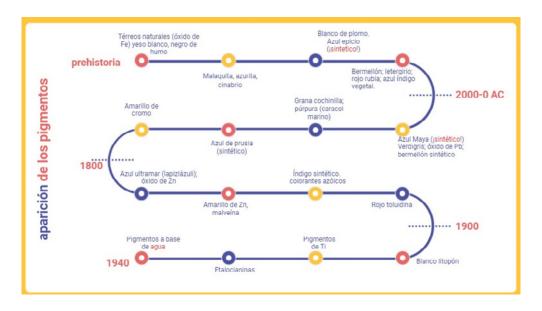


Figura 5. Línea del tiempo de pigmentos.

De igual forma, el blanco de plomo (carbonato de plomo, (PbCO₃)₂.Pb(OH)₂) fue otro pigmento sintético usado en esa época, que se obtenía al combinar sales de plomo con vinagre (ácido acético, CH₃COOH) en presencia de dióxido de carbono (CO₂).

Algunas prendas de vestir del año 2.500 a. C. revelan que se utilizaba el azul índigo o añil índigo, pasta de colorante hecha a base de las plantas del género *indigofera*, y el rojo alizarina, extracto de la planta rubia roja. Por siglos, este rojo luminoso, también conocido como rojo turco o rubia *tinctorum*, fue el único colorante rojo resistente a la luz. Con los años los procesos de producción fueron mejorando y, en Perú, se encontraron restos de prendas textiles con un intenso color rojo que datan del año 700 de nuestra era.

Los pintores de la **época medieval** se las arreglaron ingeniosamente para producir sus propios pigmentos y pintar a partir de minerales, arcillas, plantas, huesos, conchas e insectos.

Fue en el **renacimiento**, gracias al intercambio comercial y al auge marítimo, que los pintores de la Europa occidental tuvieron acceso a muchos de pigmentos nuevos para ellos. Si se da una mirada atrás en el tiempo, a lo largo de la historia del arte, las pinturas siempre representan un reflejo de los materiales disponibles en cada época para los artistas (González J., 2019).

Así, en la **era contemporánea**, en los últimos 300 años gracias a la evolución de la química, muchos pigmentos orgánicos sintéticos se han sumado o han reemplazado a los colorantes minerales naturales insolubles, por los solubles en agua o en aceite (óleos), con miles de colores puros y permanentes, entre los que se puede elegir a cualquiera de ellos para pintar.

Entre los primeros pigmentos sintéticos conocidos está el azul de Prusia (ferrocianuro férrico), el cual se preparó por primera vez en 1704. Posteriormente, en 1869, en la empresa alemana BASF, Carl Graebe y Carl Liebemann, junto con Heinrich Caro, descubrieron, que la base del colo-

Pigmentos Naturales 71

rante de la rubia era el antraceno (hidrocarburo aromático policíclico) (Tabla 2), compuesto también presente en el alquitrán de hulla, a partir del cual sintetizaron el primer

pigmento comercial, la alizarina roja. Este descubrimiento fue el inicio del desarrollo de los colorantes sintéticos a base de compuestos aromáticos tipo azo (Tabla 2).

2.4. Aplicaciones.

2.4.1. Murales mexicanos.

Para los mayas, el color tenía un **significado ceremonial**. En general (en los murales, figuras y vestigios) el color azul se relacionaba con ofrendas de sangre.

Los artistas del México prehispánico emplearon materiales locales como el azul Maya y la grana cochinilla, junto con otros recursos de la tierra (minerales y óxidos) para crear sus hermosos murales.

El llamado azul Maya (de tono azul turquesa) continúa sorprendiendo a los historiadores, dado que algunas pinturas creadas alrededor de 300 – 450 d.C. aún conservan su tonalidad brillante. El azul maya se encontró en sitios arqueológicos de la península de Yucatán, así como en Tajín, Tamuín, Cacaxtla, Zaachila, Tula, Bonampak (Figura 6), Yaxchilán y en el Templo Mayor de Tenochtitlán.

Actualmente se sabe que el azul Maya, está elaborado con el pigmento añil obtenido del machacamiento de las hojas y tallos de la planta índigo (*Indigofera suffruticosa*) y distintas arcillas como paligorskita, atapulgita, sacalum, montmorillonita, éstas últimas eran agregadas como fijador para que no se desvaneciera con el sol (Van Horten M.D., 2018; Yacamán M.J. y col., 1996).



Figura 6. Mural en Bonampak, Chiapas.

En el caso de la mayoría de los murales de Cacaxtla (Tlaxcala) se utilizaron cinco pigmentos (rojo óxido, amarillo ocre, azul maya, negro de humo y el blanco de la cal), que se mezclaban para obtener colores secundarios. Estos pigmentos utilizados fueron minerales de procedencia local, como cal, carbón, hematita y goethita además del azul maya.

En 1910, con la pintura en edificios públicos, se inicia el llamado movimiento muralista mexicano, que tuvo su período más prolífico entre 1921 y 1954. En el 2022, se estableció la celebración de los "100 años del muralismo mexicano". Los muralistas usaron dos técnicas principales: el fresco y la encáustica. La primera consiste en pintar sobre una capa de cal con pigmentos minerales disueltos en agua. El proceso de secado de la cal hace que los pigmentos se aglutinen y se fijen, aumentando la durabilidad. En la segunda, el

material aglutinante es cera caliente, que se mezcla con los pigmentos. Se puede aplicar con pincel o espátula. Luego, se pule con trapos secos de lino (González J., 2019).

2.4.2. Industria de pinturas.

Los pigmentos se emplean, principalmente, en las industrias de pinturas, de plásticos, y como tintas, en las imprentas y tatuajes. Estos se usan en polvos muy finos, en suspensión con disolventes orgánicos (pinturas y barnices) o en emulsiones acuosas, por tanto, deben tener buena capacidad de dispersión. En la pigmentación el compuesto coloreado se incorpora a la masa de pintura o al plástico, durante el proceso de fabricación y queda atrapado en el interior del material cuando el medio se endurece. En estos procesos industriales el número de pigmentos usado es considerablemente menor que el de colorantes.

Los principales requisitos de los pigmentos industriales son:

- Deben presentar una elevada resistencia a la luz con el fin de soportar los efectos de una prolongada exposición a las condiciones climáticas externas.
- Soportar el moldeo a elevadas temperaturas, en los plásticos o el esmaltado al horno en una pintura, a los ácidos y a las bases, por lo que deben ser resistentes al calor.
- Ser insolubles en agua y en disolventes orgánicos, para impedir por ejemplo que el pigmento flote sobre una capa superpuesta de pintura blanca o de otro color.

Algunos de los pigmentos inorgánicos más utilizados en las industrias de las pinturas y plásticos son: dióxido de titanio, óxidos de hierro (naturales y sintéticos), cromatos y molibdatos de plomo (amarillos de cromo y naranjas de molibdeno), pigmentos de ultramar (azul, violeta y rosado) y pigmentos de negros de humo. Otros, de menor uso, son los pigmentos a base de cadmio (amarillo, rojos), pigmento azul de hierro (azul de Prusia), pigmento violeta de manganeso y pigmento verde de óxido de cromo.

Generalmente se hace distinción entre un pigmento, el cual es sólido e insoluble en disolventes y aglutinantes (formando una suspensión), y una **tinta**, que es un líquido soluble (se emplea como una disolución). Un colorante puede ser un pigmento o una tinta dependiendo del vehículo en el que se usa. En algunos casos, un pigmento puede fabricarse a partir de una tinta, precipitándola con una sal metálica (Kluger N. y Kuljonen V.J., 2012).

Un tema importante en la actualidad es el de las tintas para tatuajes. Al inicio de este procedimiento se empleaba la tinta china (tinta a base de carbón) o los extractos de cortezas de árboles o cenizas. A nivel mundial, existe escasa regulación y se han reportado usos de pinturas de automóviles, tintas de impresora y tintas de textiles, entre otros ((Kluger N. y Kuljonen V.J., 2012). Como los pigmentos naturales son de color mate y de poca duración, son más usadas las tintas sintéticas, que contienen compuestos tipo azo y aromáticos (Tabla 2), que pueden llegar a ser tóxicas. Los colores más usados son el negro y el rojo. En la Tabla 5 se dan los diversos colores de las tintas con sus asociaciones de origen y podemos observar que la mayoría de los pigmentos naturales son de tipo mineral como, hematita, magnetita, siena o arcilla roja, limonita, cincinita, rutilo y corindón. Entre las sales metálicas se tienen las de cromo, níquel y cobalto.

Pigmentos Naturales 73

Color Pigmento	Tipo de Mineral	Orgánicos Naturales
ROJO	Óxido de hierro	Pigmento de
	rojo	cochinilla
	Siena o arcilla	Madera de
	roja	sándalo
	Sales de	Madera de
	mercurio	Brasil
NEGRO	Magnetita	Madera de
	(óxido de hierro)	Roble
	Carbón	
AMARILLO	Óxido de hierro	Cúrcuma
	Amarillo (ocre)	amarillo
	Sales de cadmio	
BLANCO	Cincinita (Zinc)	N/A
	Rutilo (óxido de	
	titanio)	
AZUL	Sales de cobalto	Planta
	índigo	
VERDE	Sales de níquel	N/A
	y cromo	

Tabla 5. Pigmentos naturales en las tintas de tatuaje (Kluger N. y Kuljonen V.J., 2012).

2.4.3. Industria de cerámicas.

En la industria de la cerámica los proporcionan el acabado ornamental de las piezas. La estabilidad térmica de los pigmentos es un factor clave para lograr el terminado final del objeto cerámico ya que influye en la textura y la apariencia de la pieza.

La mayoría de los pigmentos en cerámica son compuestos inorgánicos del tipo espinelas, óxidos, carbonatos o aluminatos y se mezclan con óxidos y silicatos como materias primas. Estos materiales se emplean en el vidriado, en el cuerpo de la cerámica, en sanitarios, en porcelanas, etc. y tienen que resistir altas temperaturas (por encima de 1100° C), junto con la agresión química durante el fundido, que en ciertos casos dura largos períodos de tiempo (Manros G. y col., 2003)

Las arcillas, también conocidas como barros, son agregados de silicatos hidratados de aluminio y son la base para producir la cerámica. Presentan diferentes colores antes y después de la cocción: unas son rosas, otras son blancas y otras son moteadas. La gran mayoría de las arcillas que están en la naturaleza deben su coloración a la presencia de hierro que les dan tonalidades de marrón a naranja según las proporciones; si hay cal en la arcilla se obtiene una coloración amarilla. En México se trabaja el barro negro, color que no es natural de una arcilla, sino que se obtiene por la técnica de horneado llamada reducción atmosférica (Cerámicos, 1995).

Los óxidos metálicos son muy útiles para colorear las pastas de arcillas, los baños o los vidriados, y también pueden usarse para pintar sobre la arcilla y después vidriarse, o pintar sobre el vidriado antes de cocerlo.

Al mezclar diferentes óxidos metálicos se pueden formar las llamadas espinelas, que dan como resultado tonalidades variadas de color. La espinela de magnesio y aluminio (MgA- l_2O_4), puede perder magnesio y convertirse en un óxido de aluminio o rubi de coloración roja (Figura 7) (Wikipedia.org, 2022). Los colores obtenidos con óxidos metálicos puros en las cerámicas resultan tener tonalidades más fuertes en comparación con las mezclas.



Figura 7. Ejemplo de espinela de magnesio y aluminio (gris) y óxido de aluminio (rojo) (Wikipedia.org, 2022).

3. Conclusiones

Los pigmentos inorgánicos tienen una gran variedad de aplicaciones en las industrias de cerámicas, de textiles, de pinturas, automotriz, alimentos, así como en las manifestaciones artísticas (óleos, acuarelas, y témperas). Para su uso, los pigmentes deben poseer ciertas propiedades químicas, físicas y estructurales entre las que están el tamaño de partícula, la solubilidad y la resistencia térmica. Además, deben presentar una capacidad de recubrir a otros materiales y un buen poder colorante.

4. Referencias.

Cerámica de Arte Popular (1993). *Guía de México Desconocido*, N° 11, Ed. Jilguero. México.

Espinoza Fernández Héctor (2008). Pigmentos orgánicos e inorgánicos utilizados en las industrias de pinturas o recubrimientos y del plástico. Tesis de Licenciatura, U. Chile. Santiago de Chile, Chile.

Flores B. Elena, Roque P. Carmen y Ochoa L. Rómulo (1995). Química del Color. *Revista de Química*, Vol. IX, N° 2. 99-109.

González Jorge (2019). Los pigmentos en la pintura. https://www.ttama-yo.com/2019/01/conoce-los-pigmentos-de-la-pintura/ (21/06/2022).

Kluger N. y Kuljonen V. Tattou (2012). Ink and Cancer. *Lancet Oncol*, 13 (4) e161-168.

Lima E. (2009). Una paleta de colores ilimitada: los pigmentos híbridos. *Materiales Avanzados*, 13, 9-14.

Manzano Cristian (2009). *Historia del Color* (Brusatin Manlio (1987) Historia de los colores. Ed. Paidós. México.

Marcano Deanna. (2018) *Introducción a la química de los colorantes*. Colección Divulgación Científica y Tecnológica. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. 254 p. Cap. 3 p. 99-119. Caracas, Venezuela.

Mayer Ralph (1993). Materiales y técnicas del arte. Ed. Blume. Madrid, España. Minerva. Breve Historia de la Colorimetría. UNAM. http://minerva.dcaa.unam.mx/app/webroot/files/472/COLORIMETRIA_NEWTON_GRASSMAN N.pdf (19/06/2022).

Monrós, G.; Badenes, A.; García, A.; Tena, A. (2003). El color de la cerámica: Nuevos mecanismos en pigmentos para los nuevos procesados de la industria cerámica Vol. 11. Publicacions de la Universitat Jaume I. Castellón, España.

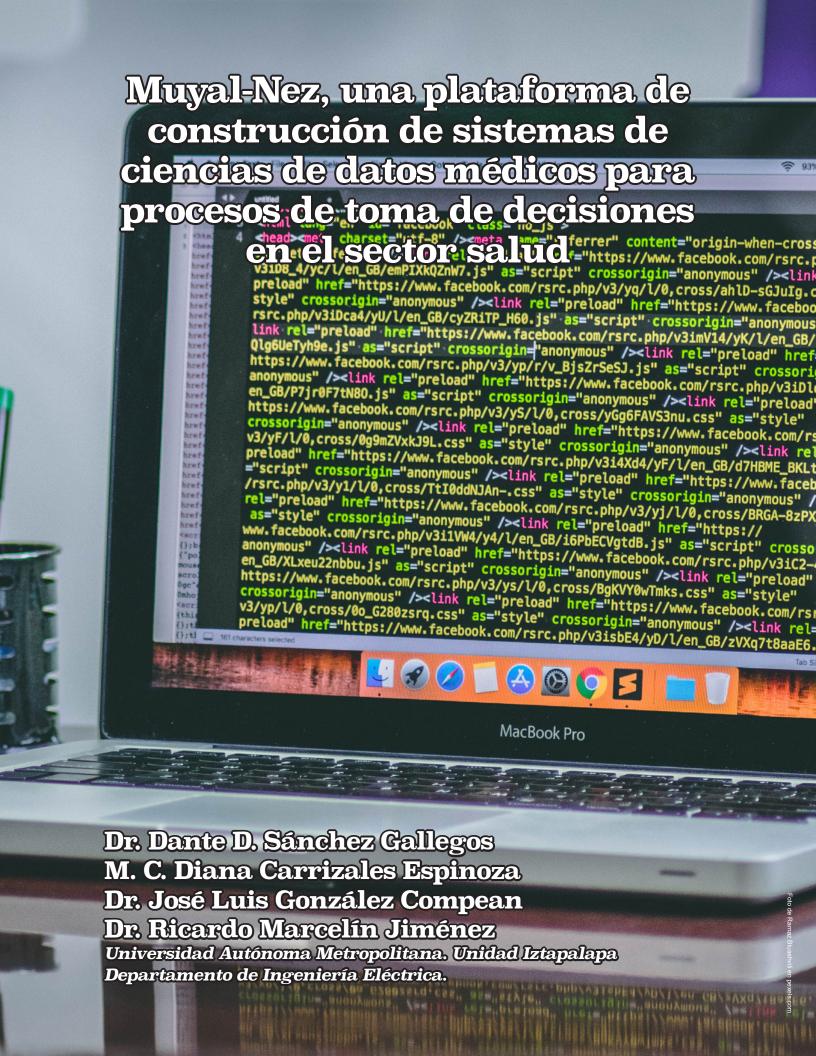
Pérez López O (2001). Cinética y extracción de colorantes naturales para la industria textil. Tesis de Maestría. Depto. Ing. Química y de Alimentos. UDLAP Puebla, México. catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/mondragon_n_vy/capitulo4.pdf

San Andrés M., Sancho N., de la Roja J.M. (2010) Alquimia, pigmentos y colorantes históricos. *An. Química*, 106 (1), 58-65.

Van Houten Maldonado Devon (2018). El extraordinario color azul que inventaron los mayas en el México precolonial. *BBC Culture*. https://www.bbc.com/mundo/vert-cul-45503886 (18/06/2022).

Yacamán M.J., Rendon L., Arenas J. y Serra-Puche M.C. (1996), Maya blue Paint: an ancient nanostructured material, Science, 273 (5272), 223.

Wikipedia.org (31/08/2022)



Resumen

Los sistemas de ciencia de datos y big data son piezas tecnológicas complejas que, en los años recientes, se han comenzado a utilizar para analizar enormes cantidades de datos médicos, tales como radiología de diagnóstico o datos de sensores. Lo anterior, se realiza para producir conocimiento e información útil que soporte procesos de toma de decisiones, tales como la prevención, diagnóstico, pronóstico y/o tratamiento de enfermedades como el cáncer. Estas tecnologías disruptivas han comenzado a revolucionar tanto el ámbito médico-científico como las áreas de la gestión de salud pública. Por ejemplo, organizaciones del sector salud mexicano como el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) deben manejar, almacenar, y analizar hasta 45 millones de imágenes médicas (43 TB de datos) para ayudar a los médicos en la toma de decisiones. Sin embargo, construir un sistema de ciencia de datos médicos representa un gran desafío para este tipo de instituciones, no solo por manejar grandes volúmenes de datos o por interconectar y desarrollar complejas aplicaciones de inteligencia artificial, tales como aprendizaje de máguina o minería de datos, sino porque estos sistemas deberían cumplir con estrictas medidas de seguridad para el manejo de datos de los pacientes. En este artículo, se presentan las experiencias y lecciones aprendidas al diseñar, implementar y desplegar sistemas seguros de ciencia de datos médicos en la plataforma Muyal-Nez, que es un conjunto de herramientas para el diseño y despliegue de sistemas de ciencias de datos, a la medida de las necesidades de las instituciones de salud que pudieran requerirlo.

Palabras clave

Ciencia de datos, diagnóstico por imágenes, cómputo en la nube, big data.

Abstract

In recent years, data science systems and big data itself have turned into complex technologic assets that have started showing their possibilities to work with massive amounts of medical information, to support decision making processes such as prevention, detection, diagnosis, and prognosis, for instance, during cancer treatments. These groundbreaking technologies have triggered a revolution in scientific environments, but also in public health management. For example, a public health organization such as the Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), in Mexico, has a collection of 45 million of medical images amounting to 43 Terabytes (TB) that require storage, transportation, and process, to help physicians during decision making processes. Nevertheless, the construction of data science system represents a huge challenge for this type of institutions as they do not only have to manage large volumes of data, or interconnect and develop complex artificial intelligence applications (such as machine learning or data mining applications), but also, they are compelled to accomplish a very strict set of regulations concerning security issues during the management of personal data. In this paper, we present the experiences and learnings obtained from the design, implementation of Muyal-Nez, which is a set of tools oriented to the design and deployment of data science infrastructure, that fits with the particular requirements of any public health organization on the aforementioned conditions.

Keyboards

Data science, diagnostic imaging, cloud computing, big data

Introducción

En México, existe un problema de saturación de los servicios médicos debido a la alta dispersión y separación geográfica de las fuentes de datos, los SECEs (sistemas de expedientes clínicos electrónicos), los pacientes y los profesionales de la salud. En promedio, los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) cuentan con 3.5 médicos por cada 1,000 habitantes, mientras que, en México, solo se cuenta con 2.4 médicos por cada 1,000 habitantes. Lo anterior representa un déficit en el número de médicos, lo cual genera una sobrecarga de trabajo para estos (Heinze-Martin, y otros 2018). Además, en el país existe un desbalance del número de médicos que existen por entidad federativa. Por ejemplo, la Ciudad de México cuenta con aproximadamente 5.05 médicos por 1,000 habitantes, mientras que Chiapas cuenta con únicamente 0.35 médicos por cada 1,000 habitantes. Aunado a esto, el número de especialistas en el país es menor a lo requerido. Por ejemplo, en 2017 solamente se contaban con 876 cirujanos oncólogos, 151 ginecólogos oncólogos, 610 oncólogos médicos y 238 radio-oncólogos. Lo anterior, ocasiona que el sistema de salud mexicano se sature, así como que las personas tengan que migrar para recibir atención médica (Heinze-Martin, y otros 2018).

En este sentido, tecnologías disruptivas tales como el internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés), big data, así como los algoritmos de análisis de datos y aprendizaje de máquina, se han empezado a emplear en el proceso de toma de decisiones en el ámbito médico (Scott Kruse y Beane 2018). Dichos sistemas, mejoran radicalmente el acceso y la eficiencia de los servicios de salud tradicionales, y son utilizados para adquirir datos de los pacientes (por ejemplo, signos vitales o actividad) y ayudar a los profesionales de la salud en la toma de decisiones. Además, tanto profesionales de la salud como organizaciones médicas pueden obtener hallazgos importantes al procesar los datos adquiridos desde dispositivos de IoT (Rose, Eldridge y Chapin 2015), así como del procesamiento de imágenes médicas, estudios, expedientes clínicos y registros históricos de datos (Lee 2019). Por ejemplo, organizaciones del sector salud mexicano como el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) deben manejar, almacenar, y analizar hasta 45 millones de imágenes médicas (43 TB de datos) para ayudar a los médicos en la toma de decisiones. Para encontrar estos hallazgos en los datos, las organizaciones construyen sistemas de ciencias de datos y big data que realizan el tratamiento de la información a través de una secuencia que normalmente incluye la adquisición de los datos, su preprocesamiento y procesamiento, así como su posterior preservación y visualización. Lo anterior, se realiza para producir información útil que pueda generar conocimiento que ayude a los médicos en procesos de toma de decisiones, tales como prevención, diagnóstico, pronóstico y/o tratamiento de enfermedades como el cáncer.

Durante la adquisición de los datos desde la fuente (e. g., tomógrafos, electrocardiogramas, rayos X, etc.), se emplean herramientas de extracción, transformación y carga de datos, las cuales hacen disponibles los datos en crudo para su posterior preprocesamiento. En el preprocesamiento los datos son preparados para adaptarlos a los algoritmos de minería de datos y big data que son utilizados en la siguiente etapa (procesamiento) (Lee 2019). Para ello, se usan diversas técnicas de preprocesamiento de datos, técnicas tales como la transformación (e.g., transformar una imagen en formato DICOM (Yan 2018) a formato PNG), la limpieza y corrección en caso de errores durante su captura, y la integración, por mencionar algunas. Una vez preparados los datos, estos son procesados con algoritmos y herramientas de big data, minería de datos o aprendizaje de máguina, con el objetivo de transformar los datos de entrada en información que pueda ser empleada por tomadores de decisiones (e.g., médicos) para realizar un diagnóstico o generar nuevo conocimiento (Sanchez-Pinto, Luo y Churpek 2018). En este sentido, los tomadores de decisiones pueden acceder a la información generada mediante técnicas y esquemas de visualización de datos. Además, de forma transversal se ejecutan procesos tales como el manejo de metadatos, la documentación de procesos, y el manejo de la calidad de datos (verificando su veracidad y validez), así como el manejo de respaldo, almacenamiento y la seguridad de estos.

Sin embargo, la construcción de estos sistemas de ciencia de datos no es una tarea sencilla debido a que no solo se requiere la construcción de complejas aplicaciones de inteligencia artificial (IA) y el procesamiento de grandes volúmenes, sino que además las organizaciones deben manejar y acoplar un conjunto de aplicaciones en cada una de las etapas del ciclo de vida de los datos, y además deben de considerar aplicaciones para cumplir con estrictas medidas de seguridad para el manejo de datos de los pacientes. Además, los participantes en la creación de sistemas de ciencia de datos deben tener conocimiento del dominio con el que están tratando para que sus soluciones sean aplicables para resolver los problemas que se presentan en dicho dominio (e.g., manejo de datos médicos) (Chang y Grady 2019).

En este artículo, se describe la experiencia adquirida durante la construcción de sistemas de ciencias de datos para el procesamiento de datos no estructurados utilizando el servicio Muyal-Nez, nombrado así en honor a Nezahualcóyotl, quien fue arquitecto en la antigua Tenochtitlan (http://www.adaptivez.org.mx/e-SaludData/nez.html).

Muyal-Nez se compone de un conjunto de servicios que permiten la construcción de

Conozco el dominio, tengo conocimientos Creación de sistemas de ciencia de estadística y tengo fuentes de datos... de datos no estructurados pero no sé programar. orientada al diseño funcional. Descubrimiento y reusabilidad de Tengo hardware (computadoras o cuenta servicios de ciencia de datos en la nube) pero no tengo software ni datos. disponibles en Muyal-Nez. Tengo sofware para ciencia de datos pero no Integración de software se cómo integrarlo, ni se manejar datos no automática e instalación en estructurados o no tengo donde ejecutarlo. Muyal-Nez inmediata. Ciencia de datos como servicio, No tengo ni hardware, ni software, ni y construcción de sistemas datos... paso a paso en la nube.

Figura 1. Retos que surgen durante la creación de sistemas de e-salud para ciencias de datos.

sistemas de ciencias de datos para e-salud. Durante la creación de sistemas de ciencia de datos, las organizaciones deben hacer frente a diversos retos, los cuales han motivado el desarrollo de estos servicios. En la Figura 1 muestra una descripción gráfica de dichos retos.

El primer reto que se enfrenta durante la creación de sistemas de ciencia de datos es aquel en el que los miembros de una organización (e.g., médicos y especialistas tales como oncólogos y radiólogos) son expertos en el dominio a tratar, y además cuentan con diferentes fuentes de datos (e.g., datos de mamografías, tomografías, expedientes clínicos, datos de electrocardiogramas); sin embargo, no cuentan con conocimientos de informática y/o programación. Por lo anterior, estos deben realizar una inversión para contratar recursos humanos afines a estas áreas. En este sentido, Muyal-Nez implementa mecanismos orientados al diseño, los cuales reducen la brecha existente entre los especialistas en el dominio y el desarrollo de sistemas de ciencias de datos no estructurados.

El segundo reto por enfrentar se centra en la utilización de los recursos disponibles. Comúnmente, las organizaciones centran sus esfuerzos en adquirir el hardware (computadoras personales, servidores privados, o la nube pública) requerido para la preservación y compartición de sus datos. Sin embargo, en escenarios de ciencia de datos, para poder aprovechar completamente todos los recursos disponibles, es necesario instalar diversos sistemas y servicios específicos que permitan realizar el manejo de los datos, lo cual puede representar un alto costo (tanto en valor monetario, como en tiempo). Tomando en cuenta este reto, Muyal-Nez cuenta con un catálogo de servicios de adquisición, preprocesamiento, procesamiento, y visualización de datos que permite a las organizaciones construir diferentes sistemas de ciencias de datos en su infraestructura sin requerir hardware especializado. Lo anterior, es importante para organizaciones que ya cuentan con recursos disponibles para efectuar el procesamiento de datos, ya que no requiere la adquisición de nuevos equipos o el arrendamiento de máquinas virtuales en la nube, lo cual produce costos económicos no contemplados.

El tercer reto, se da cuando las organizaciones cuentan con aplicaciones de ciencias de datos previamente adquiridas o desarrolladas, pero no saben cómo realizar el manejo automático de los datos a través de estas aplicaciones, por lo cual la intervención humana se vuelve necesaria para trasladar los datos. Para hacer frente a este reto, Muyal-Nez cuenta con un mecanismo de encapsulación de aplicaciones en contenedores virtuales (Randal 2020) que permite el acoplamiento de estas con otras aplicaciones de forma automática e inmediata para crear un sistema de ciencia de datos.

Finalmente, las organizaciones se pueden enfrentar a un escenario donde no cuenten con los recursos de hardware y software para construir un sistema de ciencia de datos, además de no tener datos disponibles con los cuales probar ese tipo de sistemas. En este sentido, Muyal-Nez se puede desplegar en un servicio en la nube, desde donde las organizaciones puedan construir sus sistemas de ciencia de datos utilizando el catálogo de aplicaciones y datos disponibles en Muyal-Nez.

Muyal-Nez: diseño intuitivo y despliegue automático de sistemas de e-Salud para ciencia de datos

Muyal-Nez forma parte de una platafor-

ma de servicios eficientes para la gestión, aseguramiento, intercambio, trazabilidad, v almacenamiento de grandes volúmenes de datos médicos. En esta plataforma, las instituciones de salud pueden producir servicios seguros de ciencias de datos, los cuales analizan la información médica (sensores, notas médicas, imágenes, o bases de datos) para apoyar los procesos de toma de decisiones (diagnósticos asistidos y predicciones de riesgo). Además, la plataforma implementa servicios que permiten visualizar información, así como servicios para verificar/asegurar que los SECEs cumplan con los protocolos (DICOM/HL7) y las normas nacionales (NOM-024-SSA3-2012) e internacionales (NIST, ISO 27001:2013 y COBIT 5) para el manejo de datos/contenidos sensibles (por ejemplo, expediente clínico personal, dirección, edad, entre otros).

Los servicios producidos con Muyal-Nez permiten a las organizaciones y la comunidad científica manejar el ciclo de vida de datos médicos de forma segura y eficiente, lo anterior se realiza sin depender de herramientas producidas por terceros sobre las cuales no se tiene control con respecto al manejo y procesamiento de los datos. Con Muyal-Nez las organizaciones son capaces de crear sistemas de ciencia de datos siguiendo un paradigma guiado por el diseño. Es decir, en caso de que los diseñadores del sistema no cuenten con conocimientos avanzados de programación o informática, la creación de este no se verá afectada debido a que los sistemas en Muval-Nez son diseñados mediante interfaces gráficas intuitivas. Estas interfaces están basadas en un carrito de compras, donde los diseñadores eligen las aplicaciones que procesarán sus datos (requerimientos funcionales), las características que desean agregar a sus datos (requerimientos no funcionales tales como seguridad, trazabilidad, integridad o confidencialidad) y la fuente de sus datos. Finalmente, el sistema será generado de acuerdo con las especificaciones de las aplicaciones, características y fuentes previamente seleccionadas (ver Figura 2).

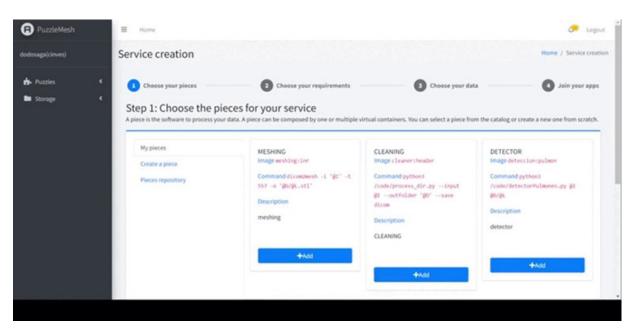


Figura 2. Interfaz gráfica de Muyal-Nez.

Los sistemas de e-salud para ciencia de datos construidos con Muyal-Nez cuentan con las siguientes características: i) modularidad, ii) software propio y autónomo, iii) eficiencia, iv) portabilidad, y v) reusabilidad.

La modularidad se refiere a la capacidad de los sistemas de ser divididos en componentes más pequeños, los cuales puedan ser reemplazados y/o modificados de forma individual sin afectar al resto de los componentes. En Muyal-Nez, un sistema de e-salud es creado mediante la unión de múltiples componentes de software llamados bloques de construcción, los cuales son creados utilizando la tecnología de contenedores virtuales. En este sentido, un contenedor virtual se puede definir como una máquina virtual ligera, la cual encapsula una aplicación con todas sus dependencias. En Muyal-Nez, cada bloque de construcción contiene una aplicación que se emplea para procesar los datos, las dependencias de software (librerías, variables de entorno, o requerimientos), y un conjunto de estructuras para el manejo de datos de entrada v salida. Estas estructuras permiten la interconexión de cada bloque con otros para producir un sistema de ciencias de datos para e-salud.

La construcción de sistemas basada en bloques de construcción de Muyal-Nez, permite que las organizaciones, diseñadores, y desarrolladores reutilicen los bloques previamente construidos. Lo anterior resulta ser de gran importancia para las organizaciones, debido a que estas pueden extender el tiempo de vida del software con el que cuentan sin la necesidad de realizar una inversión económica para la adquisición de nuevo software. Los sistemas creados con Muyal-Nez son generados utilizando software propio, autónomo y portable que no se encuentra

ligado a aplicaciones/sistemas de terceros, y/o a una infraestructura/plataforma en específico (por ejemplo, a un proveedor en la nube como Amazon Web Services). En este sentido, las organizaciones no necesitan modificar el código de las aplicaciones para desplegarlas en diferentes equipos de cómputo (por ejemplo, en la nube, computadoras personales, servidores de alto rendimiento, etc.) con diferentes sistemas operativos (Windows o sistemas Linux). Lo anterior, se debe a que la construcción de los sistemas está basada en la tecnología de contenedores virtuales que permite empaquetar aplicaciones junto con sus dependencias (por ejemplo, librerías como TensorFlow), y lenguajes de programación (por ejemplo, C/C++, Java, o Python).

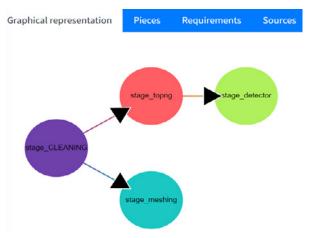


Figura 3. Ejemplo de un servicio de e-salud construido con Muyal-Nez representado como un grafo.

La construcción de un sistema de e-salud en Muyal-Nez se realiza mediante el encadenamiento de aplicaciones en la forma de un grafo. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de un sistema de e-salud construido como un grafo utilizando Muyal-Nez, en donde diferentes aplicaciones (nodos) son conectadas con otras aplicaciones para procesar los datos a través de

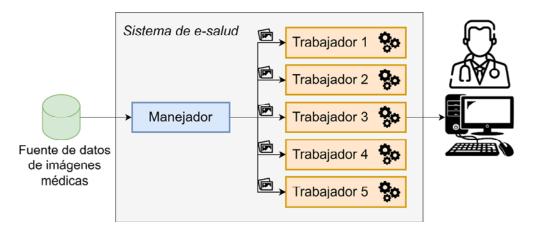


Figura 4. Ejemplo de un patrón de paralelismo construido con Muyal-Nez.

este grafo. Este grafo fue construido para el manejo y procesamiento de imágenes médicas en formato DICOM (Yan 2018), en el cual se consideran cuatro nodos. El primer nodo anonimiza las imágenes y las entrega a dos nodos para la transformación de las imágenes DICOM a PNG, así como la generación de una representación 3D a partir de las imágenes. Finalmente, las imágenes en formato PNG son entregadas por un nodo para la detección de tumores, el cual automáticamente etiqueta la zona de la imagen identificada como un tumor.

En escenarios de tomas de decisiones asistidos por sistemas de ciencias de datos, es crucial que los tomadores de decisiones (médicos y especialistas) reciban, en el menor tiempo posible, los resultados del procesamiento de los datos que utilizarán para tomar una decisión (dar un diagnóstico). Para ello, Muyal-Nez implementa estructuras paralelas que permiten reducir el tiempo de procesamiento en sistemas de e-salud para ciencia de datos. En la Figura 4, se muestra un ejemplo de un sistema paralelo construido con Muyal-Nez. En este, una aplicación es clonada en instancias conocidas como trabajadores que reciben los datos a procesar desde una instancia conocida como manejador. Los trabajadores procesan los datos en paralelo, lo cual reduce el tiempo requerido para obtener resultados que puedan ser utilizados por los tomadores de decisiones (Ortega-Arjona 2010).

Sistemas de e-salud intra/inter-institucionales

Los servicios de e-Salud creados con Muyal-Nez pueden ser manejados internamente por una organización (servicio de e-Salud intra-institucional), o por múltiples organizaciones (servicio de e-Salud inter-institucional).

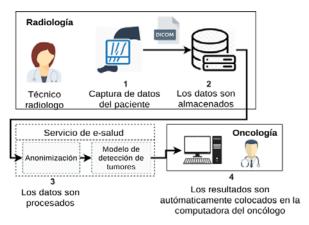


Figura 5. Ejemplo de un sistema de e-salud intra-institucional.

Los sistemas de e-salud intra-institucio-

nales, son aquellos que permiten a las instituciones y organizaciones de salud procesar e intercambiar datos entre profesionales de la salud y departamentos dentro una organización u hospital. En la Figura 5, se muestra un ejemplo de un sistema de e-salud intra-institucional. En este ejemplo, un técnico radiólogo realiza la captura de tomografías del paciente en el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR). Posteriormente. las imágenes son almacenadas y el radiólogo las comparte con un oncólogo del instituto para que este las valore y emita su diagnóstico. En este sentido, antes de compartir las imágenes con el oncólogo, estas pueden procesarse mediante un servicio automático de e-salud construido para anonimizar las imágenes y etiquetarlas utilizando un modelo de detección de tumores. De esta manera, los resultados son entregados al oncólogo de forma automática en su computadora.

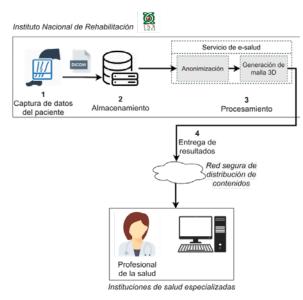


Figura 6. Ejemplo de un sistema de e-salud inter-institucional.

Los sistemas de e-salud inter-institucional, por otra parte, son creados para compartir datos entre diferentes instituciones, organizaciones, u hospitales. En este tipo de sistemas, los datos son distribuidos empleando una red segura de distribución de contenidos, la cual distribuye automáticamente los datos a los participantes de las organizaciones que tengan autorización para acceder a ellos.

Por ejemplo, en la Figura 6 se muestra una representación conceptual de un sistema de e-salud inter-institucional generado para intercambiar datos entre el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) y otra institución de salud especializada. Los datos son capturados en el INR y almacenados en su infraestructura. Posteriormente, los datos son invectados automáticamente en un sistema de procesamiento de e-salud, el cual permite anonimizar los datos y realizar la generación de una malla 3D de las imágenes DI-COM. Los resultados son entregados a la red segura de distribución de contenidos, y posteriormente son colocados de forma automática en las computadoras de los profesionales de salud autorizados para consultarlos.

Estudio de caso: sistema de diagnóstico de cáncer de hueso largo asistido por inteligencia artificial

Actualmente, los sistemas de diagnóstico asistido por computadora son cruciales en los procesos de toma de decisiones en hospitales. Estos sistemas ayudan a los médicos a tener una interpretación de los datos que reciben, por ejemplo, etiquetando zonas donde podría estar presente un tumor en una imagen médica. Estos sistemas, comúnmente se apoyan en técnicas de aprendizaje supervisado, en donde, de forma similar a como aprenden los humanos, un especialista le enseña a un robot mediante el uso de ejemplos. Como resultado, el algoritmo aprende a identi-

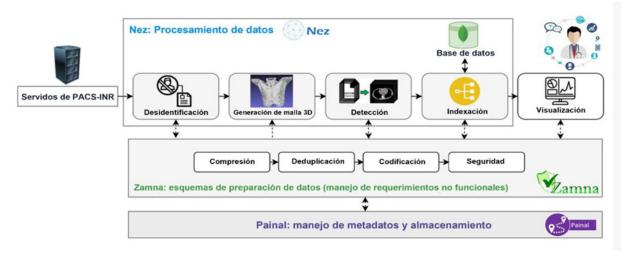


Figura 7. Estudio de caso basado en el manejo y procesamiento de imágenes médicas para el diagnóstico de cáncer.

ficar objetos en imágenes, distinguiendo así los patrones que componen el objeto en estudio. Este aprendizaje se realiza en dos etapas: i) entrenamiento y ii) prueba o implementación. En el entrenamiento, se genera un modelo a partir de las muestras previamente etiquetadas por un especialista. Por ejemplo, tomografías de pulmón en donde se etiqueten zonas con nódulos. Posteriormente, en la etapa de prueba se utilizan muestras sin etiquetar para que el robot etiquete las zonas que, por ejemplo, tienen una alta probabilidad de ser nódulos en una tomografía.

En este sentido, utilizando Muyal-Nez desarrollamos un servicio de ciencia de datos para el diagnóstico asistido por computadora. En la Figura 7 se muestra la representación conceptual de dicho sistema, el cual se encuentra conectado a un sistema PACS (sistema de archivo y comunicación de imágenes) en el Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra (INR-LGII). En 2020, el INR-LGII manejaba hasta 45 millones de imágenes médicas (tomografías, radiografías, resonancias magnéticas, entre otros), las cuales tienen que ser procesadas y trans-

portadas para ayudar a los médicos en la toma de decisiones.

Para automatizar el procesamiento de las imágenes médicas, el sistema de ciencia de datos construidos con Muyal-Nez incluye las siguientes etapas de procesamiento:

- 1. Anonimización: elimina los datos personales de las imágenes médicas en formato DICOM. Lo anterior, permite eliminar cualquier dato personal que las imágenes puedan contener.
- 2. Generación de malla 3D: genera una representación 3D de un estudio a partir de un conjunto de imágenes DICOM.
- 3. Detección de nódulos: es un sistema entrenado para identificar nódulos en huesos y pulmones. Este sistema fue implementado utilizando la red neuronal Faster R-CNN (Ren, y otros 2017).
- 4. Indexación: toma los metadatos de las imágenes, así como los resultados de las etapas anteriores, y los registra en una base de datos. El objetivo de esta etapa es que los datos puedan ser consultados

por los usuarios finales (médicos o enfermeras), o por otras aplicaciones.

 Visualización: permite la exploración de los datos mediante un sistema de visualización.

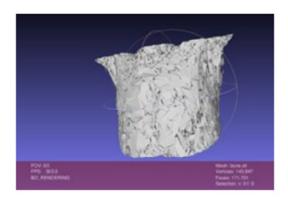
Además, para asegurar que el almacenamiento y transporte de datos médicos cumpla con las normas nacionales e internacionales (norma oficial mexicana NOM-O24-SSA3-2010, ISO 270001-13, NIST v COBIT 5), Muyal-Nez se encuentra conectado con dos servicios para el manejo seguro de los datos y metadatos llamados Muyal-Zamna y Muyal-Painal. Muyal-Zamna es un servicio que se encarga de agregar características no-funcionales como confidencialidad. verificación de integridad, control de acceso, y disponibilidad. Mientras que Muyal-Painal se compone de un conjunto de servicios que permite el transporte de datos entre diferentes computadoras. Además, Muyal-Painal se encarga del almacenamiento seguro de los datos en infraestructuras tales como la nube pública o la nube privada.

Resultados

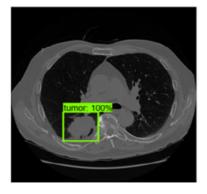
En el ámbito médico, es crucial que el procesamiento de datos se ejecute en el menor tiempo posible (eficiencia) con el objetivo de que los médicos tengan disponibles los resultados del procesamiento (información) para apoyarlos durante el proceso de toma de decisiones (diagnóstico). En este sentido, Muyal-Nez permite el despliegue inmediato de sistemas de ciencias de datos para el manejo de datos médicos. Por ejemplo, el sistema mostrado en la Figura 7 es desplegado en tan solo 6 minutos. Este despliegue es automático y el usuario no requiere tener conocimientos avanzados de programación, ingeniería computacional, y/o arquitectura de sistemas.

En la Figura 8, se muestran ejemplos de los resultados obtenidos del procesamiento de imágenes médicas con la estructura mostrada en la Figura 7. En la Figura 8a se muestra el resultado de la reconstrucción 3D de imágenes de tomografía, mientras que la Figura 8b muestra una imagen etiquetada, en donde la etiqueta indica el porcentaje de probabilidad de que esa zona sea un tumor.

Otra de las ventajas de Muyal-Nez, con respecto a otras soluciones disponibles en estado del arte, es su eficiencia durante el procesamiento de datos producida por los esquemas de paralelismo implementados,



 a) Reconstrucción 3D creado a partir de un conjunto de imágenes médicas.



b) Imagen etiquetada.

Figura 8. Resultados obtenidos del procesamiento de imágenes médicas.

lo cual reduce el tiempo requerido por un médico para obtener resultados que lo ayuden a tomar una decisión. Por ejemplo, en la Figura 9 se observa una comparación del tiempo de procesamiento de Muyal-Nez contra una solución tradicional que no implementa paralelismo, y que es como comúnmente se realiza el diseño y despliegue de los sistemas de e-salud. En este sentido, Muyal-Nez procesa 25 estudios (37 GB, 70270 archivos DICOM) en 1.1 horas. En contraste, el sistema implementado como una solución tradicional sin paralelismo procesa los mismos estudios en 5.8 horas.

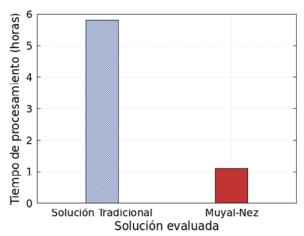


Figura 9. Comparación del tiempo de procesamiento de Muyal-Nez y una solución tradicional que no implementa paralelismo.



Figura 10. Porcentaje de cumplimiento de normas de un sistema para el diagnóstico de cáncer que incluye componentes de seguridad y confiabilidad.

A diferencia de otras soluciones del estado del arte, las cuales solo contemplan el procesamiento de datos, Muyal-Nez se encuentra interconectado con un sistema de manejo de requerimientos de seguridad y confiabilidad llamado Muyal-Zamna. La seguridad (incluyendo confidencialidad, integridad, control de acceso y trazabilidad) es importante en ambientes donde los datos serán almacenados en infraestructuras administradas por terceros, por ejemplo, la nube pública.

De igual manera, la confiabilidad asegura que los datos se encuentren disponibles a pesar de fallas en la infraestructura de almacenamiento. En este sentido, en la Figura 10 se muestra el porcentaje de cumplimiento de diferentes normas nacionales e internacionales (norma oficial mexicana NOM-O24-SSA3-2010, ISO 270001-13, NIST y COBIT 5) del sistema mostrado en la Figura 7, el cual incluye el manejo de seguridad y confiabilidad de los datos de forma automática. Como se puede observar, el sistema cumple con el 100% de los requisitos incluidos en la norma COBIT 5, mientras que para la norma oficial mexicana NOM-O24-SSA3-2010 se cumple con el 88.9% de los requisitos. Es importante notar que, en esta evaluación, se incluyen requisitos que deben de ser manejados de manera manual por los administradores de la red y la infraestructura de una organización u hospital (es decir, procesos que deben ser realizados por humanos), por ejemplo, la generación de roles de acceso a los datos y seguridad en las redes de una organización.

Conclusiones

La ciencia de datos, en el ámbito médico, es crucial para ayudar a los médicos a que el proceso de toma de decisiones (diagnóstico) se realice en el menor tiempo posible. En este contexto, hemos presentado el diseño y desarrollo de Muyal-Nez, el cual permite la construcción automática de sistemas de ciencia de datos para el procesamiento y manejo eficiente de la información médica. La construcción de sistemas con Muyal-Nez es sencilla debido a que los diseñadores no requieren de conocimientos avanzados de programación y/o ingeniería computacional.

Los sistemas de ciencia de datos construidos con Muyal-Nez, pueden ser tanto intra-institucionales (para conectar diferentes departamentos dentro de un hospital) o inter-institucionales (para conectar diferentes hospitales).

Además, Muyal-Nez permite a las organizaciones construir sistemas de ciencias de datos seguros y confiables, lo cual es crucial cuando estos sistemas son desplegados en ambientes como la nube, o en escenarios donde se utiliza la nube para el intercambio y almacenamiento de datos. Estos componentes de seguridad y confiabilidad de Muyal-Nez, permiten que las organizaciones cumplan, de forma automática, con un porcentaje alto de los requisitos establecidos en diferentes normas tanto nacionales, como internacionales para asegurar el intercambio y preservación de datos sensibles. Los requisitos que se cubren con Muyal-Nez, tienen que ver con aquellos que pueden ser cumplimentados sin la necesidad de intervención humana, es decir, solo aquellos procesos que pueden ser realizados por una aplicación y/o servicio como lo es la verificación de integridad o el control de acceso.

Referencias

Chang, W. y Nancy, G. NIST Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Definitions. NIST Special Publication 1500-1r2. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2019, pp.1-53. Disponible en: https://www.nist.gov/publications/nist-big-data-interoperability-framework-volume-1-definitions. Consultado el 11 de julio de 2022.

Heinze, G., Canchola, V. H. O., Miranda, G. B., Fuentes, N. A. B., & Sánchez, D. P. G. Los médicos especialistas en México, *Gaceta médica de México*, 154[3], pp.342-351, 2018. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7197316. Consultado el 11 de julio de 2022.

Kruse, C. S., y Beane, A., Health Information Technology Continues to Show Positive Effect, *Journal of medical Internet research*, 20[2], pp.1-9, 2018. Disponible en: https://www.jmir.org/2018/2/e41/. Consultado el 11 de julio de 2022.

Lee, R. (Ed.). Big Data, Cloud Computing, and Data Science Engineering Vol. 844, Springer, Berlin/Heidelberg, Germany, 2019, pp.51-68. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24405-7. Consultado el 11 de julio de 2022.

Ortega-Arjona, J. L., *Patterns for Parallel Software Design*, Wiley Publishing, Chichester, United Kingdom, 2010, pp.1-411. Randal, A., The ideal versus the real: Revisiting the history of virtual machines and containers, *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 53[1], pp.1-31, 2020. Disponible en: https://doi.org/10.1145/3365199. Consultado el 11 de julio de 2022.

Ren, S., He, K., Girshick, R., y Sun, J., Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 28, pp.1137-1149, 2015. Disponible en: https://proceedings.

neurips.cc/paper/2015/file/14bfa6b-b14875e45bba028a21ed38046-Paper.pdf. Consultado el 11 de julio de 2022.

Rose, K., Eldridge, S., y Chapin, L., *The internet of things: An overview, The internet society (ISOC)*, 80, pp.1-50, 2015.

Sanchez-Pinto, L. N., Luo, Y., y Churpek, M. M., Big Data and Data Science

in Critical Care, *Chest*, 154[5], pp.1239-1248, 2018. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.04.037. Consultado el 11 de julio de 2022.

Yan, L., DICOM Standard and Its Application in PACS System, *Medical Imaging Process & Technology*, 1[1], pp.1-8, 2018. Disponible en: http://dx.doi.org/10.24294/mipt. v1i1.221. Consultado el 11 de julio de 2022.



