

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería

Julio - Septiembre 2019

ISSN- EN TRÁMITE



Nº 113

Pelo de serpiente: explicación biológica de una creencia

La Economía Desconocida

Bajo Peso al Nacimiento Antesala de Obesidad

Conflictividad Ética en Protocolos en Salud Relacionados con la Metodología y la Elección del Sitio de la Comunidad y/o Individuo



Contenido

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería

No. 113. Julio - Septiembre 2019

Editorial	3	<i>Cuando la hidrodinámica y la electrodinámica se encuentran: uno de los problemas más complejos y fascinantes de la física contemporánea.</i>	37
<i>Mecanismos de Patogenicidad de Escherichia Coli y Salmonella SSP</i>	5	A. L. García-Perciante, A. B. Rodríguez-Mendoza, A. Sandoval-Villalazo.	
Marisol Carlos Marquez, Guadalupe Barrera Escorcia, Jhoana Díaz Larrea.			
<i>Pelo de serpiente: explicación biológica de una creencia.</i>	18	<i>Conflictividad Ética en Protocolos en Salud Relacionados con la Metodología y la Elección del Sitio de la Comunidad y/o Individuo</i>	47
Matías Martínez-Coronel.		Nelson Eduardo Álvarez Licona.	
<i>Biometilación del Arsénico bajo Selección Natural en Poblaciones Humanas</i>	24	<i>Una propuesta alternativa para la planeación didáctica de un curso de química</i>	52
M.C. Antonio T. Araujo.		Nelly Ahuacatitan Rodríguez, Juan Marcos Esparza Schulz.	
<i>Bajo Peso al Nacimiento Antesala de Obesidad.</i>	32	<i>La Economía Desconocida</i>	58
Ocaña Esponda Mario Alberto, Velázquez-Domínguez José Antonio.		Caupolicán Muñoz Gamboa.	

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería
en la WEB

Lea los artículos publicados en
<http://www2.izt.uam.mx/contactos/>



Rector General

Dr. Eduardo Abel Peñalosa Castro.

Secretario General

Dr. José Antonio de los Reyes Heredia.

UNIDAD IZTAPALAPA

Rector

Dr. Rodrigo Díaz Cruz.

Secretario

Dr. Andrés Francisco Estrada Alexanders,
Director de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería

Dr. Jesús Alberto Ochoa Tapia,
Directora de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde.

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería:

Consejo Editorial: Dr. Rodrigo Díaz Cruz,

Dr. Andrés Francisco Estrada Alexanders,

Dr. Jesús Alberto Ochoa Tapia,

Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde.

UAM-Iztapalapa

Editor en jefe: M. C. Alma Edith Martínez Licona.

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. 3ª Época, No. 113, Julio -

Septiembre 2019, 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. San Rafael Atlixco No. 186, Edificio T174, Col. Vicentina, Alcaldía Iztapalapa, C.P. 09340, México, Ciudad de México, Tel. 5804-4634 Página electrónica de la revista: <http://www2.izt.uam.mx/contactos/> y 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 en trámite, 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: 30 de Septiembre de 2019. Tamaño del archivo 89.3 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 de 2019.

Los artículos publicados en **Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería** son sometidos a arbitraje; para ello se requiere enviar el original del trabajo en algún procesador de texto a doble espacio, dos copias claras del mismo y un archivo del artículo. Toda correspondencia deberá enviarse a:

Comité Editorial de **Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería,**

UAM-Iztapalapa, T-174, Tel. 5804-4634

Av. San Rafael Atlixco No. 186, C.P. 09340, CDMX.

apartado postal 55-534

<http://www2.izt.uam.mx/contactos/> e-mail cts@xanum.uam.mx

Editorial

Es un placer presentar nuestro tercer número del 2019, debido a la diversidad de su contenido, haciendo de éste, un número enriquecedor para nuestros queridos lectores.

Los temas que se abordan son temas de salud, de economía, de creencias y además nos permite reflexionar en temas de ética.

Invitamos al lector a perderse en la lectura de interesantes artículos como el de "Pelo de serpiente: explicación biológica de una creencia", a conocer el trabajo de un comité de ética en investigación así como el papel que juegan los sujetos que participan en protocolos de investigación, esto en: "Conflictividad ética en protocolos en salud relacionados con la metodología y la elección del sitio de la comunidad y/o individuo", por otro lado, se tiene un artículo interesado en mejorar la docencia: "Una propuesta alternativa para la planeación didáctica de un curso de química", así como artículos en economía u obesidad, entre otros.

Es momento de invitar a los lectores a descubrir el contenido de este número, deseando sea de su agrado.

Atentamente

MC Alma Martínez
Editora en Jefe



Información para autores

Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería, Revista dirigida a profesores y a estudiantes de éstas 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 e 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 a 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 ajustarse al siguiente formato: Szabadvary, 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 Torchbooks, 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, ya sea en WORD o TEX, 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, T-174,
información: cts@xanum.uam.mx, tel. 5804-4634.
S.Rafael Atlixco 186, C.P. 09340,
CDMX. A.P. 55-534.

Arbitraje

El Comité Editorial 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.

Una vez aceptado el artículo para su publicación, los autores deberán depositar una cuota de recuperación de \$ 80.00 pesos por ejemplar a las siguientes cuentas: Banamex, suc. 329, cta 4324223. CLABE 0021 8003 2943 2422 35.

En la UAM dos formas de pago:

1. Transferencia a la clave presupuestal: 1212105-40
2. Por depósito en caja de la unidad a la siguiente clave: IEVE201400071

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

Mecanismos de Patogenicidad de Escherichia Coli y Salmonella SSP

**Marisol Carlos Marquez^{1,*}, Guadalupe Barrera Escorcía¹,
Jhoana Díaz-Larrea².**

**¹Laboratorio de Ecotoxicología, Departamento de Hidrobiología,
UAM, Iztapalapa.**

**²Laboratorio de Genética, Departamento de Hidrobiología,
UAM, Iztapalapa.**

ABSTRACT

Acute diarrheal diseases are caused by the consumption of contaminated food and water, *Salmonella* spp and *Escherichia coli* are among the main diarrheal agents, describing the virulence factors and pathogenicity mechanisms involved in the seven *E. coli* serotypes known as *E. coli*. enteropathogenic coli (ECEP), enterotoxigenic *E. coli* (ECET), *E. coli* enteroinvasora (ECEI), shigatoxigenic *E. coli* (ECST), enteroaggregative *E. coli* (ECEA) and diffuse adhesion *E. coli* (ECAD) and *E. coli* invasive adherent coli (ECAI), by which each type of strain has different mechanisms of pathogenicity and *Salmonella* is divided into two species, the first *Salmonella bongori* and the second *Salmonella enterica* which can be subdivided into 6 different subspecies: subspecies enterica (I), salamae (II), arizonae (IIIa), diarizonae (IIIb), houtenae (IV) and indicates (VI); however, *S. enterica* enteric subspecies with a large number of serotypes and the mechanism of pathogenicity is by two types: the first by the M-cell dependent pathway and the second by the SST3 encoded in two islands of pathogenicity SPI1 and SPI2, both SST3 do not act independently but collaborate with each other. Through the evolution, the pathogens bacteria have been developed mechanisms that divided in two categories: those that promote the colonization and host invasion and the others that cause damage.

Key words:

Escherichia coli, *Salmonella* spp, pathogenicity, virulence.

Resumen

Las enfermedades diarreicas agudas son causadas por el consumo de agua y alimentos contaminados, dentro de los principales agentes diarreicos se encuentran *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*. Se describen sus factores de virulencia y los mecanismos de patogenicidad. En el caso de *E. coli* existen siete serotipos denominados: *E. coli* enteropatógena (ECEP), *E. coli* enterotoxigénica (ECET), *E. coli*

enteroinvasora (ECEI), *E. coli* shigatoxigénica (ECST), *E. coli* enteroagregativa (ECEA), *E. coli* de adherencia difusa (ECAD) y *E. coli* adherente invasor (ECAI). Cada uno de los cuales tiene diferentes estrategias. En el caso de *Salmonella* existen en dos especies, *S. bongori* y *S. enterica*, esta última puede subdividirse en 6 subspecies diferentes: *enterica* (I), *salamae* (II), *arizonae* (IIIa), *diarizonae* (IIIb), *houtenae* (IV) e *indica* (VI). Sin embargo, *S. enterica* subspecie *enterica* cuenta con una gran cantidad de serotipos. La identificación de los serotipos es compleja ya que existen muchas variantes. Su patogenicidad se presenta a través de dos mecanismos: el primero, por la vía dependiente de células M, y el segundo, por el sistema de secreción tipo 3 (SST3) que presenta dos islas de patogenicidad, la SPI1 y la SPI2. Estas no actúan en forma independiente sino que colaboran entre sí. A través de la evolución las variantes patógenas han desarrollado mecanismos que se dividen en dos categorías: aquellos que promueven la colonización e invasión del hospedero y los que causan daño.

Palabras clave:

Escherichia coli, *Salmonella* spp, patogenicidad, virulencia

Introducción

Las bacterias son organismos procariotas y, por lo tanto, su material genético no está delimitado por una membrana nuclear. Son abundantes y poseen una extraordinaria capacidad de adaptar su metabolismo a una gran variedad de ambientes, pueden desarrollar mecanismos adaptativos que les permiten responder y modificar su metabolismo, lo que aumenta en consecuencia, sus probabilidades de supervivencia. Incluso son capaces de desarrollar mecanismos de transmisión de información para potenciar sus estrategias de defensa y poder invadir los tejidos y órganos hasta producir infecciones a través de mecanismos de patogenicidad específicos. Estos emergen al superar las defensas de un hospedero. Un microorganismo patógeno posee

la capacidad de producir un daño a cualquier nivel en un organismo susceptible. Las bacterias a lo largo de la evolución, han adquirido características que les permiten invadir el ambiente del hospedero, cuentan con receptores superficiales especializados para su adhesión y con factores de colonización, que les permiten evadir al sistema inmune y finalmente, causar daño tisular con el fin de lograr acceso a fuentes de nutrientes necesarios para su crecimiento y reproducción. Estos factores son determinantes de su virulencia. La virulencia es un componente microbiano que favorece el crecimiento o sobrevivencia durante la infección (Cárdenas *et al.*, 2014).

Las principales enfermedades diarreicas agudas son alteraciones de la motilidad intestinal normal, la cual está caracterizada por un aumento en el contenido de agua, y el volumen o frecuencia de las heces. La diarrea es un síntoma de algún defecto en la reabsorción de agua debido a un desequilibrio entre la secreción y la absorción de los electrolitos (diarrea secretora), o a la ingestión de sustancias que el intestino no ha podido absorber (diarrea osmótica). Los factores etiológicos de las diarreas secretoras se asocian principalmente a infecciones agudas provocadas mayormente por bacterias. Este es el subtipo más importante en términos de frecuencia, incidencia y mortalidad en países subdesarrollados, y de igual manera en países desarrollados, debido a los casos que requieren hospitalización y los costos de atención a la salud (Baldi *et al.*, 2009).

Las bacterias frecuentemente identificadas como causantes de enfermedades gastrointestinales diarreicas son *Salmonella* y *Escherichia coli*. Existen variantes patógenas y no patógenas de *E. coli*. Se han descrito siete patotipos involucrados en procesos diarreicos mediante la identificación de factores de virulencia y mecanismos de patogenicidad. Estos son: *E. coli* enteropatógena (ECEP), *E. coli* enterotoxigénica (ECET), *E. coli* enteroinvasiva (ECEI), *E. coli* shigatoxigénica

(ECST), *E. coli* enteroagregativa (ECEA), *E. coli* adherente difusa (ECAD) y *E. coli* adherente invasora (ECAI). En el caso de *Salmonella*, la taxonomía es compleja, pero se reconocen como relevantes dos especies, *S. bongori* y *S. enterica*, la cual a su vez puede subdividirse en 6 subespecies diferentes: *enterica* (I), *salamae* (II), *arizonae* (IIIa), *diarizonae* (IIIb), *houtenae* (IV) e *indica* (VI). Sin embargo, *S. enterica* subespecie *entérica* puede clasificarse en 1547 serotipos diferentes (Haraga *et al.*, 2008).

Estos microorganismos son incorporados principalmente por vía oral y se transmiten por agua y alimentos contaminados, superan las defensas inmunológicas y se adhieren a la pared intestinal, posteriormente penetran las células y alteran el metabolismo, ya sea en forma directa, o a través de la producción de toxinas. Las toxinas bacterianas actúan sobre receptores y objetivos específicos, y constituyen el principal factor de patogenicidad. Por si solas son capaces de reproducir los síntomas asociados a la infección incluso en ausencia del microorganismo que la produce. Existen múltiples factores de patogenicidad y los microorganismos son capaces de producir uno o varios simultáneamente (Barrera *et al.*, 2012).

En general se da por hecho que las bacterias siempre estarán ahí, aunque existan hábitos de higiene, lo cual hace que se minimice su importancia. Si la gente supiera como se generan las infecciones su actitud cambiaría, vigilaría sus alimentos y tomaría precauciones para reducir el contacto con las bacterias que presentan estos factores. Es necesario conocer la forma en la que actúan en las células debido a la importancia de estos patógenos, por lo que el presente artículo de revisión pretende difundir información relativa a los mecanismos de patogenicidad que se asocian a *Escherichia coli* y al género *Salmonella*.

Mecanismos de toxicidad

Existen factores que promueven la colonización

e invasión al hospedero (fimbrias, pilis, adhesinas afimbriales y fimbriales, unión e internalización a células M, movilidad, entre otros). La adhesión bacteriana depende de factores inespecíficos, de tipo físico-químico, eléctrico, entre otros, y factores específicos de tipo adhesina-receptor. De todas formas, en primer lugar para que se produzca la adhesión es necesario que la bacteria se acerque a la superficie de la célula hospedera. Existen mecanismos de adhesión estrecha a la membrana plasmática de las células huésped. También hay un mecanismo de lesión de adhesión y borrado (A/E), en el cual hay destrucción de las microvellosidades y un mecanismo de adherencia-agregativa, caracterizado por la autoaglutinación de las bacterias entre sí.

Las bacterias expresan sistemas de secreción indispensables para transportar proteínas, como enzimas, y otras macromoléculas hacia el espacio extracelular. Diferentes bacterias Gram-negativas patógenas han desarrollado complejas maquinarias para transferir proteínas codificadas en su cromosoma a células eucariontes y se conocen como sistemas de secreción de proteínas. Las vías de secreción han sido clasificadas en cinco grupos principales: secreción tipo I, II, III, IV y los autotransportadores. (González-Pedrajo & Dreyfus, 2003). El sistema de secreción tipo 3 (SST3) tiene como función transportar proteínas efectoras del citosol bacteriano a la célula hospedera, las cuales, una vez translocadas, intervienen en la alteración del metabolismo celular. Este tipo de vías se encuentran en algunas variantes de *E. coli* y de *Salmonella* spp.

Patotipos de *Escherichia coli*.

E. coli enteropatógena ECEP y *E. coli* shigatoxigénica ECST

Estas se presentan juntas debido a que tienen un mecanismo en común para invadir a las células. Las cepas de ECEP se dividen en típicas y atípicas, por la presencia (típicas) o la ausencia (atípicas) de un plásmido de virulencia llamado

factor de adherencia de ECEP (Trabulsi *et al.*, 2002). En la infección intestinal por ECEP se producen cambios en la actividad fisiológica normal de las células de intestino (enterocitos) debido al aumento de la secreción de electrolitos hacia el espacio extracelular, al aumento de la permeabilidad de las uniones intra e intercelulares y al cambio estructural, en la forma de la región apical del enterocito. Éste pierde su capacidad para absorber y los solutos se acumulan en el lumen intestinal, lo que conduce a la diarrea acuosa.

Los mecanismos que originan el cuadro diarreico se relacionan principalmente con la alteración del enterocito debido a dos mecanismos, el primero es la lesión de adhesión y borrado (A/E) y el segundo la formación de pedestales, que son pequeños promontorios ricos en actina que se forman en los sitios de adhesión de ECEP (DeVinney *et al.*, 2002; Galán *et al.*, 2011). En la Figura 1 se describen los mecanismos de acción de ECEP.

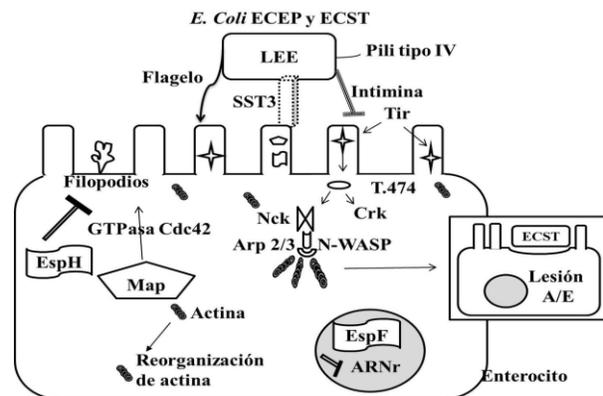


Figura 1. Mecanismo de adherencia de *E. coli* enteropatógena (ECEP) y *E. coli* shigatoxigénica (ECST) y efecto de lesión de borrado de las microvellosidades del enterocito en ECST. Modificado de Farfán *et al.*, 2016.

En la adhesión y borrado ocurren tres eventos de forma simultánea:

A) Adherencia inicial al enterocito. La bacteria entra en contacto con la célula mediante un flagelo y el pili tipo IV (BFP), ambos tienen como función la autoagregación bacteriana y

la adherencia a la célula mediante la formación de microcolonias (Girón et al., 2002; Vidal et al., 2007).

B) Translocación de señales intracelulares. Ésta es facilitada por el sistema de secreción tipo 3 (SST3) mediante el cual diversas proteínas efectoras ingresan al enterocito. Este sistema macromolecular es codificado en la bacteria en la isla de patogenicidad denominada "Locus de Esfacelamiento del Enterocito" (LEE), el cual se divide en cinco operones policistrónicos (LEE1-LEE5) (Girón et al., 2002; Vidal et al., 2007).

C) Adherencia íntima bacteriana. De forma simultánea a la unión de SST3 al enterocito y a la entrada de las proteínas efectoras a través de los poros, la bacteria ingresa la proteína Tir (receptor) que facilita la adherencia a la intimina bacteriana, la cual es indispensable para la formación del pedestal y la lesión intestinal (Girón et al., 2002; Vidal et al., 2007).

En el segundo mecanismo, la formación de pedestales, ocurre una polimerización. En esta se forman largas cadenas de actina que alteran la morfología del citoesqueleto de la célula invadida, se dañan las microvellosidades y éstas pierden su función.

En el caso de las cepas ECST, la adherencia también está mediada por un flagelo y por el pili tipo IV, como se observa en la Figura 1. El sistema SST3 inyecta una proteína efectora EspF, la cual se dirige al nucléolo donde bloquea el proceso del ARNr. Por otro lado, otra proteína efectora Map, se asocia a la mitocondria e induce la formación de filopodios activando una GTPasa Cdc42. Posteriormente otra proteína bacteriana EspH interrumpe la formación de filopodios, para que la proteína llamada Tir unida a la intimina, se fosforile en tirosina 474 (T.474). Esta se une a proteínas adaptadoras como Nck o Crk. La proteína Nck activa a otros factores que son mediadores de la polimerización de actina como N-WASP y Arp2/3. La unión Tir-Intimina finalmente altera

la morfología de la actina y forma las lesiones de adhesión y borrado (A/E) (Trabulsi et al., 2002).

De los más de 400 serotipos de ECST que existen, el de mayor importancia clínica es el O157:H7. Esta variante provoca desde una enfermedad leve como la colitis hemorrágica, hasta la colitis gangrenosa, la cual involucra: la perforación del intestino, peritonitis o en incluso sepsis. (Galán et al., 2011). Dentro de los mecanismos de acción de esta variante se encuentran dos, uno sólo de adherencia, y otro de ataque por la toxina Stx:

1) La adherencia de ECST serotipo O157:H7 a los enterocitos está mediada por el flagelo y el pili tipo IV, la intimina y el SST3 que se describió anteriormente en la Figura 1 (Galán et al., 2011).

2) La toxina Stx tiene los subgrupos Stx1 y Stx2, que son inmunológicamente diferentes y cada cepa puede presentar uno o ambos. El Stx2 es más importante, está compuesto por las subunidades A y B (Figura 2a). Las toxinas A/B tienen una estructura constituida por dos dominios, generalmente, el dominio B es un acarreador que da la entrada al dominio A, el cual genera la acción tóxica (González et al., 2008). El ingreso a la célula y la distribución de la toxina, son mediados por tres mecanismos principales: la macropinocitosis, la transcitosis y la endocitosis. a) El primero, permite la entrada de Stx cuando el receptor de la membrana del enterocito, la globotriaosilceramida 3 (Gb3), no es expresado por la célula. Por otro lado, la proteína P secretada por *E. coli* (EspP) contribuye a la formación de microcolonias, a la adhesión a la célula y estimula la reorganización de la actina (Figura 2b). b) La transcitosis implica la formación de una vesícula para internalizar a la toxina que pasa del espacio extracelular al intracelular (Figura 2b). Por último, c) en la endocitosis, la parte A1 de la subunidad A se dirige al núcleo, donde inhibe la transcripción del ARNr, lo que impide la síntesis de proteínas y

conduce a la muerte celular (Figura 2c) (Galán *et al.*, 2011).

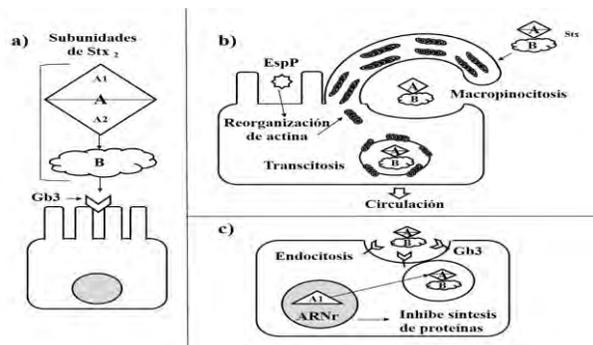


Figura 2. Mecanismo de la toxina Shiga (Stx) de *E. coli* shigatoxigénica (ECST). **a)** Estructura de la toxina Shiga (Stx), **b)** Entrada de la bacteria por Macropinocitosis y desplazamiento mediante transcitosis para llegar a la circulación, **c)** Sxt entra por Gb3 a las células endoteliales por endocitosis, donde la subunidad A1 altera el ARNr para bloquear la síntesis de proteínas y producir la muerte celular. Modificado de Farfán *et al.*, 2016.

E. coli enterotoxigénica ECET

Esta es una de las principales cepas que causa la diarrea aguda, cuenta con las estructuras necesarias para la adhesión, que son denominadas factores de colonización (FCs). En las cepas con toxinas ECET son dos los principales mecanismos de patogenicidad, uno de adhesión y otro de producción de toxinas descritos en la Figura 3. En el primero, la bacteria expresa la exoproteína de adhesión EtpA, que permite que los FCs se adhieran. Después, el auto-transportador (EatA) inhibe la actividad de EtpA, lo que da origen a la adhesión a los enterocitos por dos loci toxigénicos de invasión: el A (Tia) y el B (TibA). El segundo mecanismo, es el de la producción de toxinas, el principal factor de virulencia de ECET. Este incluye la secreción de enterotoxinas termoestables (ST) y enterotoxinas termolábiles (LT). Las toxinas LT y ST aumentan el nivel intracelular de AMPc y GMPc respectivamente, que se encuentran en la membrana de las células intestinales. La modificación de estos niveles afecta muchas funciones celulares, entre las cuales, se modifica el canal regulador transmembranal de la fibrosis quística (CFTR), lo que provoca la salida de iones y agua de la

célula, y a su vez ocasiona la diarrea (Farfán *et al.*, 2016).

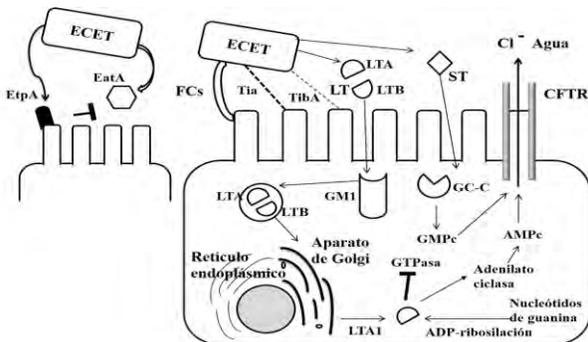


Figura 3. Mecanismo de acción de *E. coli* enterotoxigénica (ECET) por factores de colonización (FCs) y producción de toxinas LT y ST. Modificado de Farfán *et al.*, 2016.

Escherichia coli enteroagregativa ECEA

Esta variante tiene dos mecanismos de patogenicidad. En el primero, la bacteria se une a la mucosa intestinal por adhesión-agregativa (AA), la coloniza y produce un efecto citotóxico que causa diarrea de tipo acuoso sin fiebre, con secreción de moco en adultos. En el segundo, se involucran plásmidos pAA, que codifica el gen AggR que sintetiza la enterotoxina 1 (EAST1). Esta se asocia a la virulencia porque altera el transporte de iones e induce aumento del GMPc. Además cuenta con un grupo auto-transportador serin-proteasas citotóxicas y no citotóxicas (SPATEs). Dentro de los SPATEs se encuentran la proteasa involucrada en la colonización intestinal (Pic) y la toxina codificada en plásmidos (Pet). Pic (grupo no citotóxico) es una proteasa que incrementa el número de células caliciformes e induce la producción de moco que atrapa las bacterias auto-aglutinándolas en el epitelio intestinal. En la Figura 4, se describe el mecanismo de acción de ECEA, que consiste de una adhesión y la acción tóxica. En la primera (Figura 4a), se utilizan las fimbrias AAF, además de una proteína Tia y unas aglutininas estables al calor (Hra 1-2). En la colonización actúa una dispersina transportada por el complejo Aat y una variedad de SPATEs. Posteriormente actúa una proteasa Pic que es parte de SPATEs no citotóxicos (Figura 4b), Pic es capaz de

incrementar la secreción de moco, pero a su vez le abre paso a la bacteria gracias a su actividad mucinolítica. La bacteria también posee SPATEs citotóxicos como Pet, que escinde una proteína llamada espectrina, la cual se une a la actina y genera el arredondamiento, el desprendimiento y la contracción del citoesqueleto, así como la pérdida de fibras de actina de las células (Vidal *et al.*, 2007).

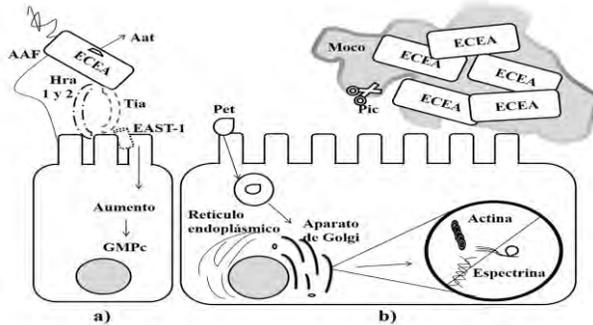


Figura 4. Mecanismo de acción de *E. coli* enteroagregativa. a) El primer mecanismo es la adhesión mediante las fimbrias AAF, b) acción de la toxina Pet que activa la espectrina, que se une a la actina, para finalmente bloquear su función y ocasionar el redondeamiento de la célula. Modificado de Farfán *et al.*, 2016.

Escherichia coli enteroinvasora ECEI

Los síntomas característicos en personas infectadas por ECEI incluyen la diarrea acuosa, con sangre, moco y dolor abdominal. ECEI evade la respuesta inmune porque entra fácilmente a las células epiteliales del colon por medio de adhesinas, moviéndose lateralmente para invadir otras células ya que posee un plásmido de virulencia pINV que codifica para el SST3. Este, está constituido por 25 proteínas (entre ellas OscpB, VirA, OspG) y los antígenos de invasión de plásmidos (Ipa). ECEI invade inicialmente las células M (enterocitos sin microvellosidades especializados en la captación de ciertos antígenos por debajo de las cuales se encuentran algunos macrófagos), provoca la lisis de la vacuola fagocítica de las células M, y se multiplica en el citoplasma, posteriormente la bacteria atraviesa por transcitosis la barrera epitelial del colon y favorece el proceso de invasión a células proximales como se muestra en la Figura 5a (Farfán *et al.*, 2016, Ramiro-Puig *et al.*, 2008).

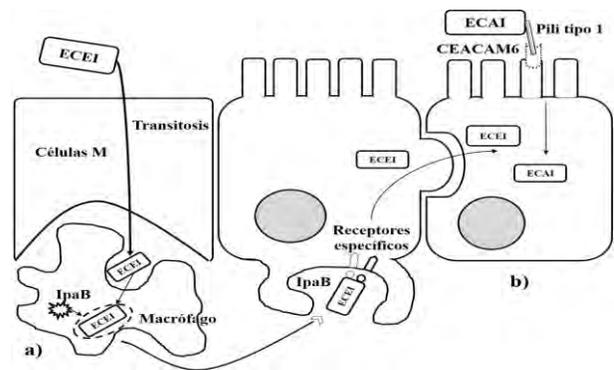


Figura 5. Mecanismos de patogenicidad de *E. coli* enteroinvasora (ECEI) y *E. coli* adherente invasora (ECAI). a) ECEI invade las células M y en una vacuola fagocítica, la bacteria atraviesa por transcitosis e invade a los macrófagos, b) Adhesión del pili tipo 1 de ECAI. Modificado de Farfán *et al.*, 2016.

Escherichia coli adherente invasora ECAI

Entre las principales características de la patogenicidad en ECAI están: la adhesión epitelial, la invasión, la supervivencia dentro de los macrófagos y la formación de biopelículas. *E. coli* adherente invasora posee dos mecanismos de invasión a la célula. Esta variante se moviliza a través de los flagelos, los que la acercan a la célula epitelial y, por medio de la adhesina FimH localizada en el pili tipo 1, se une al receptor de superficie CEACAM6 (molécula de adhesión celular asociada al antígeno carcinoembrionario 6) de la célula hospedera (Figura 5a y 5b). La invasión de los enterocitos intestinales conduce a un aumento de la estimulación de TNF- α (factor de necrosis tumoral alfa), lo que genera la sobre expresión de CEACAM6. El segundo mecanismo, involucra la invasión de las células M. La aproximación de ECAI a las células M se realiza por una fimbria polar larga. Utiliza el mismo proceso que la variante ECEI, el cual atraviesa la célula por medio de transcitosis. Una vez que es fagocitada por los macrófagos, se replica dentro de los fagosomas sin estimular la muerte celular, induce en el macrófago infectado la secreción de TNF-a, el cual causa la inflamación del íleon y conlleva la formación de granulomas Figura 5b (Girón *et al.*, 2002).

***Escherichia coli* adherente difusa ECAD**

Esta cepa se ha asociado más a procesos diarreicos que otras cepas. Estos son de tipo agudo en los cuales se expresan adhesinas afimbriales (Afa) y adhesinas fimbriales (Dr). Estas adhesinas se encuentran en la superficie de la membrana externa de la bacteria, y le confieren el principal mecanismo de patogenicidad. Se conocen dos adhesinas fimbriales principales de ECAD, la adhesina 1845 (F1845) y la adhesina involucrada en la adherencia difusa (AIDA I). La lesión inducida por la bacteria ocasiona elongación de la membrana celular, daño en las microvellosidades y reordenamiento de las proteínas en el citoesqueleto, lo que genera aumento de la permeabilidad del enterocito y la pérdida de agua y electrolitos. En la Figura 6 se describe como las adhesinas Afa/Dr de ECAD reconocen a CEACAM6, lo que provoca que se active la quinasa Src que ayuda a la movilización y organización del factor de aceleración, lo que lleva al efecto mencionado. Posteriormente se activa la vía de señalización de MAP. Esta involucra una cascada de cinasas que son componentes frecuentes en la transducción de señales, en la transcripción y síntesis de ácidos nucleicos, en la dinámica del citoesqueleto, en la respuesta inmune y en procesos de apoptosis, que culminan en la síntesis de IL-8 (Interleucina-8, citosina de tipo proinflamatorio), que induce la trans migración de leucocitos polimorfonucleares (PMN). Esto estimula la síntesis de TNF- α (factor de necrosis tumoral alfa), y de IL1 β (Interleucina-1 β), citosina que genera la apoptosis en los enterocitos (Girón *et al.*, 2002).

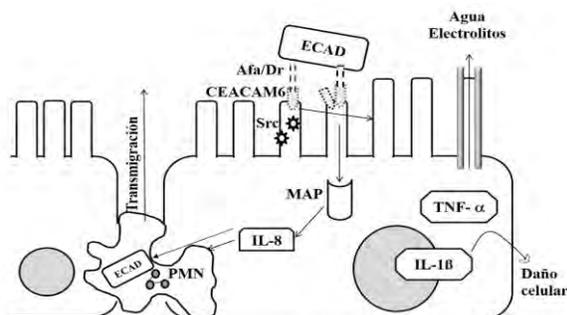


Figura 6. Mecanismo de acción de *E. coli* adherente difusa (ECAD), en el cual las adhesinas Afa/Dr reconocen a hDAF o CEACAM6, se activa la quinasa Src que afecta a la vía de señalización de las cinasas MAP, que deriva en pérdida de las microvellosidades y la secreción de agua y electrolitos. Modificado de Farfán *et al.*, 2016.

***Salmonella* y sus etiologías**

La tifoidea, conocida también como salmonelosis, es una enfermedad infecciosa sistémica. En el caso de que no sea tratada, el índice de mortalidad puede llegar al 10%. Se producen desde casos leves, hasta pandemias, ya que esta enfermedad se presenta a nivel mundial propagándose a través de alimentos o agua contaminados por heces u orina de un portador (McJunkin, 1986).

Existen diferentes serotipos de *Salmonella* que pueden producir distintos cuadros de infección aguda en el hombre, se clasifican en cuatro grupos: fiebre tifoidea, gastroenteritis, bacteriemia o infección focal extraintestinal, denominándose invasivas aquellas infecciones que traspasan la barrera intestinal. Las cepas de *Salmonella enterica* subespecie *entérica* que causan infecciones en humanos pueden subdividirse en dos grupos: Salmonelas tifoideas y no tifoideas. Las denominadas Salmonelas tifoideas son altamente invasivas en humanos, producen fiebre entérica o fiebre tifoidea. Los serotipos asociados con la fiebre entérica son Typhi y Paratyphi A, patógenos exclusivos del hombre, aunque los serotipos Paratyphi B, Paratyphi C y Sendai pueden causar infección en humanos y también en animales. El grupo de las denominadas Salmonelas no tifoideas (SNT) incluye aquellas que producen cuadros de gastroenteritis autolimitada que raramente atraviesan la barrera intestinal. Este grupo está integrado por cientos de serotipos distintos (Galán *et al.*, 1999).

Salmonella atraviesa preferencialmente la mucosa intestinal utilizando la vía dependiente de células M. Estas células, ubicadas en la cara externa de la mucosa intestinal buscan antígenos, internalizándolos por pinocitosis y transportándolos hacia los órganos linfoides

(placas de Peyer) en la submucosa. Los mecanismos de ingreso mediados por la bacteria implican la endocitosis por las células M en forma similar a la descrita para *E. coli*. Se relacionan con una fuerte respuesta inflamatoria a nivel de la mucosa intestinal, que explica en gran medida el cuadro de diarrea. Existen mecanismos esenciales para el éxito de *Salmonella* como patógeno, como es el sistema de secreción de tipo 3 (SST3). Este sistema, media la transferencia de proteínas efectoras de la virulencia bacteriana desde la bacteria hacia las células del hospedero. Una vez dentro del citoplasma de la célula eucarionta, estos efectores pueden alterar diversas funciones celulares (estructura del citoesqueleto, transducción de señales, expresión de citoquinas) para promover la supervivencia y replicación bacteriana. *Salmonella* posee dos diferentes SST3, codificados en dos islas de patogenicidad (SPIs) que funcionan en diferentes momentos durante la infección. El SST3 codificado en SPI-1 funciona durante el contacto de la bacteria con la célula hospedera y transloca efectores a través de la membrana plasmática de la misma, mientras que el SST3 codificado en SPI-2 es expresado dentro del fagosoma y transloca proteínas a través de la membrana de la vacuola. Ha sido demostrado que la expresión del SST3 codificado en SPI-1 es esencial para inducir la internalización bacteriana por células no fagocíticas, para inducir inflamación a nivel intestinal y el cuadro diarreico, mientras que el codificado en SPI-2 es fundamental para la persistencia intracelular en macrófagos y para el establecimiento de infección sistémica. Sin embargo, se sabe que ambos SST3 no actúan en forma independiente, sino que colaboran entre sí (Ochoa y Rodríguez, 2005).

Para la internalización de la bacteria por parte de células no fagocíticas, es necesaria la expresión de al menos 5 proteínas efectoras translocadas por el SST3 codificado en SPI-1: SopE, SopE2, SopB, SipA y SipC (Figura 7). SopE, SopE2 y SopB, activan GTPasas de la familia Rho

(Cdc42, Rac1 y RhoG) induciendo la reorganización de la actina del citoesqueleto, la formación de pliegues en la membrana de la célula hospedera y el consecuente englobamiento de la bacteria por macropinocitosis. SopE y SopE2 actúan como potentes intercambiadores de guanina para las tres GTPasas celulares, mientras que el mecanismo de acción de SopB es menos conocido. Por otra parte, SipA y SipC, actúan uniéndose a la actina e iniciando la polimerización de filamentos en el sitio de adhesión de la bacteria. Poco tiempo después del ingreso de las bacterias al ambiente intracelular, estas interactúan para que los filamentos de actina recuperen su arquitectura normal. Además de su papel en la internalización bacteriana, los efectores transportados por SST3 codificado por SPI-1, están claramente implicados en la producción de la enfermedad, ya que son capaces de modular tanto positiva como negativamente la expresión de mediadores de la respuesta inflamatoria en el intestino que están vinculados con las cascadas de señalización de cinasas MAP, como se mencionó anteriormente, y culminan en la síntesis de IL-8 y de IL-1 β (Galán *et al.*, 1999).

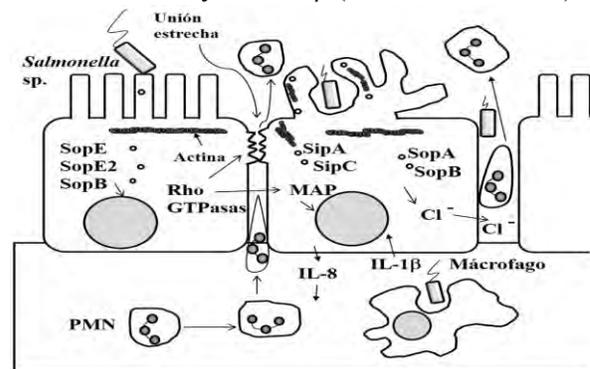


Figura 7. Mecanismos de acción de *Salmonella*, que incluyen cambios inducidos por la acción del SST3 codificado en las islas de patogenicidad SPI-1 y SPI-2 que sintetizan las proteínas efectoras en el interior celular. Modificado de Haraga *et al.*, 2008.

El SST3 codificado en SPI-2 está compuesto por lo menos por 20 proteínas efectoras que son translocadas a través de la membrana de la

vacuola al citoplasma de la célula infectada. Algunos de los genes codificantes de estas proteínas son: SifA, SseJ, SseG, SopD2 y PipB2, aunque individualmente ninguno de estos u otros efectores parecen ser esenciales en la virulencia, por lo que es claro que varios efectores actúan en conjunto para ejercer su efecto sobre la célula hospedera. Este SST3 también actúa modificando el citoesqueleto celular induciendo la condensación de actina alrededor de la vacuola que contiene *Salmonella* (SCV). Esta vacuola es importante para la replicación bacteriana intracelular. Una vez que *Salmonella* es internalizada en la célula hospedera, queda incluida en la vacuola formada por los pliegues de la membrana implicados en la internalización (Figura 8).

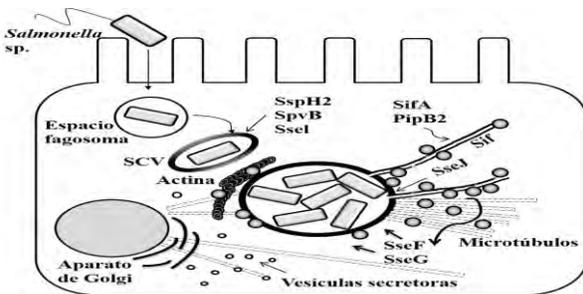


Figura 8. Formación de la vacuola que contiene *Salmonella* SCV e inducción de proteínas que dañan a los microtúbulos codificadas por la SPI-2. Modificado de Haraga *et al.*, 2008.

Posteriormente ocurre fusión de los lisosomas, que acidifican el contenido vacuolar, y asocian marcadores endocíticos lisosomales como la proteína LAMP-1, localizada en la membrana vacuolar dentro de la SCV, lo que induce la expresión y ensamblaje del SST3 de SPI-2, mediante el cual se translocan varios efectores bacterianos) a través de la membrana vacuolar. Los efectores del SST3 de SPI-2 SifA y PipB2 contribuyen a la formación de unos filamentos conocidos como Sifs los cuales se disponen a lo largo de los microtúbulos y regulan la acumulación de proteínas motoras sobre los Sifs y la SCV. La formación de los Sifs se asocia fuertemente con la capacidad de *Salmonella* para sobrevivir y replicarse intracelularmente. SseJ es una deacilasa que se activa en la membrana de la vacuola. SseF y SseG causan

acumulación de microtúbulos adyacentes a la SCV y dirigen el tráfico de vesículas derivadas del Golgi hacia la SCV. La actina se acumula alrededor de la SCV y esto es dependiente del SST3 de SPI-2. Se piensa que SspH2, SpvB y SseI juegan un rol en esta acumulación de actina (Hensel, 2000).

Discusión

Las bacterias patógenas como *E. coli* y *Salmonella* ssp. son exclusivamente de origen fecal y se transmiten a través de la contaminación de los alimentos, del agua, así como por contaminación cruzada o por contacto humano directo durante la preparación de alimentos.

Las diferentes cepas de *E. coli* patógenas se distinguen de otras cepas de la misma especie que habitan en el intestino, por su capacidad para provocar graves enfermedades como resultado de su información genética que codifica para la producción de toxinas, y proteínas que favorecen su capacidad de adhesión e invasión de células huésped. Estas moléculas generan interferencia con el metabolismo celular a diferentes niveles lo que puede terminar en la destrucción de tejidos. La colonización puede hacerse por: la adherencia mediante fimbrias o pilis, la adherencia agregativa y por sistemas de secreción tipo 3, entre otros. Los mecanismos que causan daño son diversos, estos incluyen: toxinas tipo A/B que inhiben la síntesis de proteínas; toxinas termoestables y termolábiles que inhiben la síntesis de proteínas, modifican la permeabilidad de la membrana y llevan a la pérdida de iones y agua. La vía de internalización de las células M permite a las bacterias ser reconocidas por los macrófagos y engañar a otras células para entrar en ellas. Finalmente, otros mecanismos afectan la señalización de cinasas MAP lo que inhibe o estimula diversas funciones celulares y pueden producir apoptosis.

Por otro lado, *Salmonella* ssp. tiene mecanismos de colonización similares pero con ciertas

particularidades. También cuenta con el sistema de secreción tipo 3, pero este es codificado en dos islas de patogenicidad la SPI-1 y la SPI-2, que producen proteínas efectoras cuyo trabajo coordinado permite la entrada de las bacterias para generar daño en la célula. Estas proteínas afectan las vías de señalización de las cinasas, alteran directamente a los leucocitos polimorfonucleares, a los cuales utilizan para transportarse a otras células, producen la inflamación de la célula, la modificación de la actina y la muerte celular. Otro mecanismo similar a los de *E. coli* es la vía internalización de las células M. La gravedad de la enfermedad depende de factores propios del huésped y del serotipo de *Salmonella* spp. Algunos serotipos presentan una alta resistencia a los antimicrobianos, su identificación es compleja debido a que existe una gran cantidad de variantes.

Es esencial conocer la epidemiología de las enfermedades transmitidas por los alimentos para establecer un programa de inocuidad alimentaria apropiado y efectivo, lo que permitiría identificar los puntos de control a lo largo de la cadena alimentaria para reducir al mínimo los riesgos de salud pública siguiendo buenas prácticas de higiene. La presencia de estas bacterias es frecuente y no se toman las medidas necesarias de higiene. Las campañas sanitarias no son efectivas ya que no se ha logrado el cambio necesario en el comportamiento de la población. Esto se debe a que en ocasiones no existen facilidades para hacerlo. Por ejemplo, no se tiene acceso a agua potable o no se puede hervir el agua de que se dispone. Incluso el sabor del agua hervida puede no ser agradable para algunas personas, por lo que deciden no hervirla. La manipulación de los alimentos pasa por muchas fases, desde la producción del alimento, hasta su transporte, comercialización y consumo. La cocción puede ser incompleta o no se hace una desinfección adecuada. Muchas personas requieren comer en establecimientos fuera de su hogar. Así, cuando se presenta una infección asociada a estos

agentes no se tiene la certeza de su origen. Por otro lado, se desconoce el origen y el destino del agua. Es frecuente el deterioro de la calidad del agua como consecuencia de actividades aparentemente inocuas. Tal es el caso del aporte directo del agua residual de los baños a cuerpos acuáticos receptores como ríos, estanques, lagos, e incluso la zona costera. Esto representa un riesgo por el contacto humano con el agua para actividades recreativas, acuicultura, pesca, agricultura, entre otras. La gente mantiene sus costumbres, como lavar en el río por ejemplo, porque no siempre cuentan con los servicios de distribución de agua entubada en sus casas. También excavan pozos, de los cuales extraen y consumen el agua sin previa potabilización. Las bacterias provenientes del agua residual pueden contaminar incluso los mantos acuíferos. En México las infecciones por estos agentes son tan comunes que la población minimiza sus consecuencias.

Conclusiones

Las bacterias patógenas poseen distintas propiedades que las capacitan para asegurar su establecimiento dentro de un hospedero específico. Estas se han adaptado a condiciones cambiantes y han adquirido o desarrollado nuevos mecanismos de patogenicidad y resistencia de manera continua, lo que provoca cambios importantes en las funciones celulares del hospedero. Ambas bacterias son de los principales agentes causales de enfermedades diarreicas agudas y se asocian principalmente a la ingestión de agua y alimentos contaminados. Es de suma importancia conocer los mecanismos de patogenicidad. El conocimiento de los mecanismos a través de los cuales estas bacterias causan las enfermedades permitirían sensibilizar al lector, para hacerlo reflexionar sobre la importancia que tienen las buenas prácticas de higiene personal y de preparación de los alimentos, así como de disposición del agua residual. El comportamiento individual puede contribuir en el control de la transmisión de estas infecciones.

Referencias

- Baca, B.E., García, G.S., Pardo, R.M., Santiago, A.E., y Velázquez, S.C. Explorando el mecanismo de acción de las toxinas bacterianas: citotoxinas, ciclo modulinas, y citolisinas colesterol-dependientes. En: Rocha, G.E., Lozano, Z.P., Martínez, L.Y. Mecanismos de Patogenicidad e interacción parasito hospedero II. Benemérita Universidad de Puebla, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Puebla. 2006.
- Baldi, F., Bianco, M., Nardone, G., Pilotto, A., y Zamparo, E. Enfermedades diarreicas agudas. *World J Gastroenterol*, 15[27], pp. 3341-3348, 2009.
- Barrera-Escorcía, G., C. L. Fernández-Rendón, y Wong-Chang, I. Toxinas microbianas. In: Robledo, M. M. L., G. A. E, Rojas, D. I. M. Medina, V. B. S. Barrón (Eds.). *Fundamentos de toxicología*. Universidad Autónoma de Nayarit, México, pp. 351-368, 2012.
- Cárdenas, M., Cruz, O., Gándara, J., y Pérez, M. Factores de virulencia bacteriana: la "inteligencia" de las bacterias. *Elementos*, 94, pp. 35-43, 2014.
- DeVinney, R., Puente, J., Gauthier, A., Goosney, D., y Finlay, B. B. Enterohaemorrhagic and enteropathogenic *Escherichia coli* use a different Tir-based mechanism for pedestal formation. *Molecular microbiology*, 41[6], pp. 1445-1458, 2002.
- Farfán, A., Ariza, S., Vargas, F., y Vargas, L. Mecanismos de virulencia de *Escherichia coli* enteropatógena. *Revista chilena de infectología*, 33[4], pp. 438-450, 2016.
- Galán, J. E. Interaction of *Salmonella* with host cells through the centisome 63 type III secretion system. *Current opinion in microbiology*, 2[1], pp. 46-50, 1999.
- Girón, J., Torres, A., Freer, E., y Kaper, J. The flagella of enteropathogenic *Escherichia coli* mediate adherence to epithelial cells. *Molecular microbiology*, 44[2], pp. 361-379, 2002.
- Golán, L., Gonen, E., Yagel, S., Rosenshine, I., y Shpigel, N. Enterohemorrhagic *Escherichia coli* induce attaching and effacing lesions and hemorrhagic colitis in human and bovine intestinal xenograft models. *Disease models & mechanisms*, 4[1], pp. 86-94, 2011.
- González M. R., Bischofberger M., Pernot L., van der Goot F. G., y Frêche, B. Bacterial pore-forming toxin: The (w)hole story? *Cellular and Molecular Life Sciences*, 65. pp. 493-507, 2008.
- González, P., y Dreyfus, G. Sistemas de secreción de proteínas en las bacterias Gram negativas: Biogénesis flagelar y translocación de factores de virulencia. *Mensaje bioquímico*, 27. pp. 19, 2003.
- Haraga, A., Ohlson, M. y Miller, S. *Salmonellae* interplay with host cells. *Nature Reviews Microbiology*, 6[1], pp. 53, 2008.
- Hensel, M. *Salmonella* pathogenicity island 2. *Molecular microbiology*, 36[5], pp. 1015-1023, 2000.
- MnJunkin, E. Agua y salud humana. Ed. Limusa. México, D.F, pp. 231, 1988.
- Ochoa, I. y Rodríguez, A. Mecanismos moleculares de patogenicidad de *Salmonella sp.* *Revista latinoamericana de microbiología*, 47[1-2], pp. 25-42, 2005.
- E. Ramiro-Puig, F. J. Pérez-Cano, C. Castellote, A. Franch y M. Castell. El intestino: pieza clave del sistema inmunitario. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*. 100 [1], pp. 29-34, 2008.
- Trabulsi, L., Keller, R., y Tardalli, G. Typical and atypical enteropathogenic *Escherichia coli*.

Emerging infectious diseases, 8[5], pp. 508, 2002.

- Vidal, J., Canizález, A., Gutiérrez, J., y Navarro, F. Patogénesis molecular, epidemiología y diagnóstico de *Escherichia coli* enteropatógena. *Salud Pública de México*, 49[5], pp. 376-386, 2007.

A close-up photograph of a snake's head and body, showing the intricate pattern of its scales. The scales are a light tan or beige color, with a distinct diamond or oval shape. The snake's head is in the lower-left quadrant, with its eyes and nostrils visible. The body of the snake curves around the head, filling most of the frame. The lighting is soft, highlighting the texture of the scales.

**Pelo de serpiente: explicación
biológica de una creencia**

Matías Martínez-Coronel
Departamento de Biología, UAM-Iztapalapa

Resumen

Las serpientes son animales alrededor de los cuales existen variados mitos, leyendas y creencias. Por ejemplo, en Zaachila, Oaxaca, existe la creencia que cuando las cerdas de la cola de los equinos o bovinos, o bien cabellos humanos, caen y permanecen por un tiempo en charcos o arroyos, estos son capaces de transformarse en serpientes. Consideramos que esta creencia pudo originarse porque los lugareños han confundido el pelo de los mamíferos con gusanos nematomorfos que habitan estos cuerpos de agua, los que a su vez se han asociado con serpientes de hábitos acuáticos que viven en la región. Las especies de serpientes que se asocia su origen a partir del pelo son *Thamnophis bogerti*, *T. chrysocephalus* y *T. cyrtopsis*, comunes en la región. No obstante que esta creencia ni idolatra ni rechaza a las serpientes, muchos seres humanos siempre que encuentran un animal de estos lo matan, por considerarlas un peligro, lo que puede ser una reacción atávica, asociada además a la ignorancia de la biología de estos animales.

Palabras clave: Etnozoología, *Thamnophis* sp., *Gordius* sp., Zaachila

Abstract

Snakes are animals that often appear in various myths, tales, and stories. For example, in Zaachila, Oaxaca, people believe that when the tail hair of equine or bovine animals, or even human hair, falls down and remains for a certain time period in puddles or streams, it has the ability to transform into snakes. We consider that this belief originated because the natives have confused mammal hairs with horsehair worms, which inhabit in such water bodies, those who in turn are often associated with water snakes that live in this region. The snake species whose origin is particularly related to mammal hairs are *Thamnophis bogerti*, *T. chrysocephalus*, and *T. cyrtopsis*, which are common to the region. Even though this belief does not idolize nor reject the snakes, many

human beings often have the tendency of killing these animals due to safety reasons, making it an atavistic reaction, paired up with the lack of knowledge in the biology of these animals.

Key words: Ethnzoology, *Thamnophis* sp., *Gordius* sp., Zaachila

En algún momento de nuestra vida tenemos la oportunidad de escuchar o leer relatos de animales fantásticos. Asimismo, sabemos de la influencia que estas creencias pueden tener en nuestra forma de ser y pensar, así como en la cultura de un pueblo; y como resultado de esta interacción existe en muchos casos respeto, en algunos temor, y en otros desprecio hacia el animal del que se trata (Charro 2004; Levi-Strauss 1982). Existen diversos mitos y creencias acerca de las serpientes, algunos las consideran dioses, otros demonio. Una creencia muy extendida, en varias partes del mundo como España y Latinoamérica, es el referente a la serpiente "alicante" que se alimenta de leche. Con este nombre común se refiere a diferentes especies, dependiendo de dónde sea el relator, ya sea de México o de algún otro país (Casas-Andreu 2000; Sánchez Expósito 2012). Y trata sobre la capacidad de la serpiente para alimentarse de leche de mujer o de vaca, al mismo tiempo que entretiene al niño o becerro con su cola en la boca. Se sabe que esto no es posible debido a que las serpientes y los reptiles en general carecen de los carrillos o cachetes, típico de los mamíferos, que les permiten mamar (Charro 2004). Como menciona Bermejo Barrera (1986) se trata de una creencia europea antiguo que llegó al continente Americano y aquí se sigue transmitiendo de generación en generación.

En México también existen diversas creencias sobre las serpientes (Casas-Andreu 2000), por ejemplo, entre los pobladores del Distrito de Zaachila, algunas personas afirman que las serpientes conocidas como "flecha" (*Oxybelis aeneus*) tienen la capacidad de atravesar el cuerpo de la persona que la molesta, por lo que

evitan hacerlo cuando se encuentran a semejante animal. También comentan que si a una serpiente coralillo (*Micrurus* sp.) se le toca con una vara, el veneno puede recorrer ésta, pasar a la persona para envenenar y provocarle la muerte. Asimismo, hablan de la existencia de serpientes emplumadas en determinados parajes de la región, y que la persona que logre quitarle algunas plumas, éstas se convertirán en oro, o bien que si alguna persona molesta a las serpientes tilcuate (*Drymarchon melanurus*) o corredora (*Masticophis mentovarius*), como respuesta, éstas pueden perseguir a la persona y darle chicotazos con la cola. Sin embargo, el motivo del presente escrito es para explicar, desde el punto de vista de la biología, el posible origen de la creencia de cómo el pelo se puede transformar en una serpiente.

El estudio se llevó a cabo en los municipios del Distrito de Zaachila: San Antonio Huitepec, San Miguel Peras, San Pablo Cuatro Venados, Santa Inés del Monte, La Trinidad Zaachila y Villa de Zaachila. El área de estudio se ubica al suroeste de la capital de Oaxaca, entre las coordenadas extremas 17.025018° y 16.866981° de latitud N y -96.666935° y -97.233767° de longitud W (WGS84). La zona es habitada por descendientes de mixtecos, zapotecos y mestizos.

De marzo de 2004 a diciembre de 2016 se realizaron 84 visitas al Distrito de Zaachila con el objeto de obtener el inventario de los anfibios y reptiles de la región. Asimismo, durante este tiempo se recabó información sobre el conocimiento que los pobladores tienen de este grupo de animales. Para el presente estudio, 24 hombres adultos (25-82 años), y 32 niños y jóvenes hombres (11-17 años), campesinos todos ellos, participaron en entrevistas no estructuradas, permitiendo así que explicaran libremente su versión del relato de cómo el pelo se transforma en serpiente. Para determinar a qué especie se referían en su narración, a los entrevistados se le mostraron fotografías de las 27 especies de serpientes registradas en la zona,

y solo en 17 ocasiones casos se les mostraron ejemplares vivos. Las observaciones y colecta de los gusanos nematomorfos, comunes en los charcos y arroyos de la región durante la época húmeda, se hicieron durante julio, agosto y septiembre de 2015 y 2016.

Los pobladores de Zaachila tienen la creencia que al inicio de la época de lluvias, cuando el pelo de una mujer o las cerdas de la cola de un equino o bovino caen o se colocan en un charco o arroyo, éste al paso del tiempo (no especifican el número de días) primero adquiere movilidad, y después le salen las escamas y desarrolla la coloración típica de las serpientes. Uno de nuestros entrevistados de Villa Zaachila aseguraba haber "comprobado" esta conversión.

La creencia de la transformación del pelo en serpiente, probablemente se originó en los siguientes hechos: Al inicio de la época de lluvias en los campos zaachileños se forman charcos y arroyos temporales, donde se observan pelos largos, actualmente no necesariamente de mujer, pero sí de equinos y bovinos. Durante el siglo pasado, cuando en la zona existía la costumbre extendida de ir a lavar ropa y bañarse en los arroyos, era posible que los cabellos de la mujer fueran más comunes de lo que son ahora. También durante la época lluviosa se observan en estos cuerpos de agua gusanos nematomorfos (*Gordius* sp.; Familia Gordiidae, Orden Nematomorpha) moviéndose en su interior o superficie (Bolek et al. 2014). Estos gusanos pueden ser oscuros o claros, los que por su tamaño y forma se parecen a un cabello o cerda (Fig. 1). Consideramos que la similitud entre cabellos y gusanos fundamenta la explicación que los lugareños dan a este fenómeno de la transformación de pelo a serpiente. Finalmente, cuentan los lugareños que a estos "pelos en movimiento", con el paso del tiempo les aparecen las escamas y coloración típica de la serpiente, que normalmente son líneas claras y oscuras, pero también pueden ser manchas. Sabemos que

historias como esta se narran también en otras partes del mundo (Bermejo Barrera 1986; Charro 2004; Eliade 1974; Rodríguez Lozano 2016; Sánchez Expósito 2012), y debido a que los gusanos nematomorfos son cosmopolitas (Bolek *et al.* 2014), el posible origen de esta creencia puede ser la misma.



Figura 1.- Gusano nematormofo (*Gordius* sp.) adulto tomado de la superficie del agua en el Arroyo El Rodeo, Santa Inés del Monte, distrito de Zaachila. Foto Luis F. Toscano Nieto.

En primer lugar debemos aclarar que los gusanos nematomorfos son parásitos obligados de artrópodos cuando jóvenes, principalmente cucarachas (Orden Blattodea), escarabajos (Orden Coleoptera), grillos (Orden Orthoptera) o campamochas (Orden Mantodea). Estos insectos se infectan de los parásitos cuando toman agua en un charco o arroyo que posee larvas o quistes del gusano. Una vez que los gusanos juveniles se han instalado en el interior del cuerpo del insecto, se desarrollan hasta alcanzar el estado adulto. Sin embargo, debido a que los adultos son de vida libre (Fig. 2), deben ser liberados del cuerpo de su hospedero. Para que ocurra la liberación, el hospedero es dirigido por el parásito a un cuerpo de agua, normalmente un charco o arroyo. Una vez cerca del agua, el hospedero entra en contacto con su abdomen o bien salta al agua en un aparente suicidio, cuya finalidad real es avisar al parásito de que ya puede salir (Ponton *et al.* 2011). Ya liberado del cuerpo que lo protegió por un tiempo, los gusanos se encuentran con otros miembros de su especie para reproducirse e

iniciar así el ciclo reproductivo. Las hembras ponen millones de huevos en el cuerpo de agua de donde emergerán las primeras larvas pre-parásitas, las que esperan para entrar por la boca de sus nuevos hospederos cuando lleguen a saciar su sed (Bolek *et al.* 2014). Un aspecto interesante de esta relación es cómo el parásito controla el comportamiento de su hospedero terrestre y lo dirige a un cuerpo de agua, sin embargo aún no está claro este fenómeno de control.



Figura 2.- Gusano nematormofo (*Gordius* sp.) adulto de vida libre, observado en un bosque de encino en Cerro Gordo, Santa Inés del Monte, distrito de Zaachila. Foto Luis F. Toscano Nieto.

De las serpientes con las que se asocia su origen a partir del pelo, los lugareños mencionan que poseen líneas o manchas. Sin embargo, cuando a los entrevistados se les mostraron diversas especies de serpientes (fotografía o ejemplar vivo) con algunas de estas características, todos ellos sólo identificaron a las "Biliushe" como los sujetos del relato. Las "Biliushe" son serpientes que pertenecen al género *Thamnophis*, de las cuales se distribuyen tres especies (*T. bogerti*, *T. chrysocephalus* y *T. cyrtopsis*) en la zona de estudio (Fig. 3). El que los lugareños identifiquen a las "Biliushe" como las únicas serpientes que se originan del pelo, puede relacionarse con el hecho de que estas especies son de hábitos acuáticos (Rossman *et al.* 1996). Mientras que las serpientes descartadas que habitan en la zona y que también poseen líneas claras y oscuras (*Conophis vittatus*, *Rhadinea fulvivittis*, *R. taeniata*, *Salvadora intermedia*,

Stenorrhina freminvillei) o con manchas (*Conopsis megalodon*, *Crotalus intermedius*, *C. molossus*, *Leptodeira septentrionalis*, *Mixcoatlus melanurus*, *Pituophis lineaticollis* y *Storeria storeriodes*), son de hábitos terrestres, e, incluso, dos de ellas (*L. septentrionalis* y *M. melanurus*) tienen hábitos arborícolas.



Figura 3.- Ejemplar de "Biliushe" (*Thamnophis bogerti*) que representa a una de tres especies de serpientes de hábitos acuáticos, que se asocia su origen a partir del pelo de mamíferos. Fotografía tomada en Rancho Santa Bárbara, San Pablo Cuatro Venados, distrito de Zaachila. Foto del autor.

A diferencia de otras creencias donde demonizan o idolatran a las serpientes (Charro 2004; Fita *et al.* 2010), el relato contado toma una posición neutral. No obstante, en el municipio de Zaachila todas las serpientes corren la misma suerte por parte de los humanos, no importa si éstas representan un peligro potencial o ninguno para quien las encuentra, esto es, la primer reacción es matarla. Posiblemente esta aversión hacia las serpientes tenga un origen primitivo relacionado con la supervivencia de nuestros antepasados (Le *et al.* 2013). Sin embargo, el actual conocimiento que se tiene tanto de las especies potencialmente peligrosas como de aquellas inofensivas para el ser humano, debe ser utilizado para preservarlas, dada la importancia de estos animales en la salud de los ecosistemas.

Agradecimientos

A Enrique e Ismael Martínez Vargas, Ángel García y Vicente Reyes de La Lobera, Santa Inés del Monte quienes narraron la primera versión

de ésta creencia. A Pamela Fuentes Martínez quién con su lectura crítica ayudó a mejorar el documento. Al revisor anónimo cuyas observaciones permitieron mejorar el trabajo final.

Referencias

Bermejo Barrera, J. C., *Mitología y mitos de las Hispania prerromana II*, Ediciones Akal, S. A., Madrid, 1986.

Bolek, M. G., Schmidt-Rhaesa, A., de Villalobos, L. C. y Hanelt B., *Phylum Nematomorpha*. en: Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates-Volume 1*. (Thorp, J. H. y Rogers, D. C. Eds.), Elsevier Inc., London, pp:303-326, 2014.

Casas-Andreu, G., *Mitos, leyendas y realidades de los reptiles de México*. *Ciencia Ergo Sum* 7(3), pp. 286-291, 2000.

Charro, A., *Serpientes: ni dioses ni demonios*, *Revista de Folklore*, 283, pp. 3-12, 2004.

Eliade, M., *Tratado de historia de las religiones: morfología y dialéctica de lo sagrado*, Ediciones Cristiandad, 1974.

Fita, D. S., Neto, E. M. C. y Schiavetti, A., 'Offensive' snakes: cultural beliefs and practices related to snakebites in a Brazilian rural settlement. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 6, pp. 13.

Le, Q. V., Isbell, L. A., Matsumoto, J., Nguyen, M., Hori, E., Maior, R. S., Tran, A. H., Ono, T. y Nishijo, H., *Pulvinar neurons reveal neurobiological detection of snakes*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(47), pp. 19000-19005, 2013.

Levi-Strauss, C., *El pensamiento salvaje*. Fondo de Cultura Económica, México, D. F., 1986.

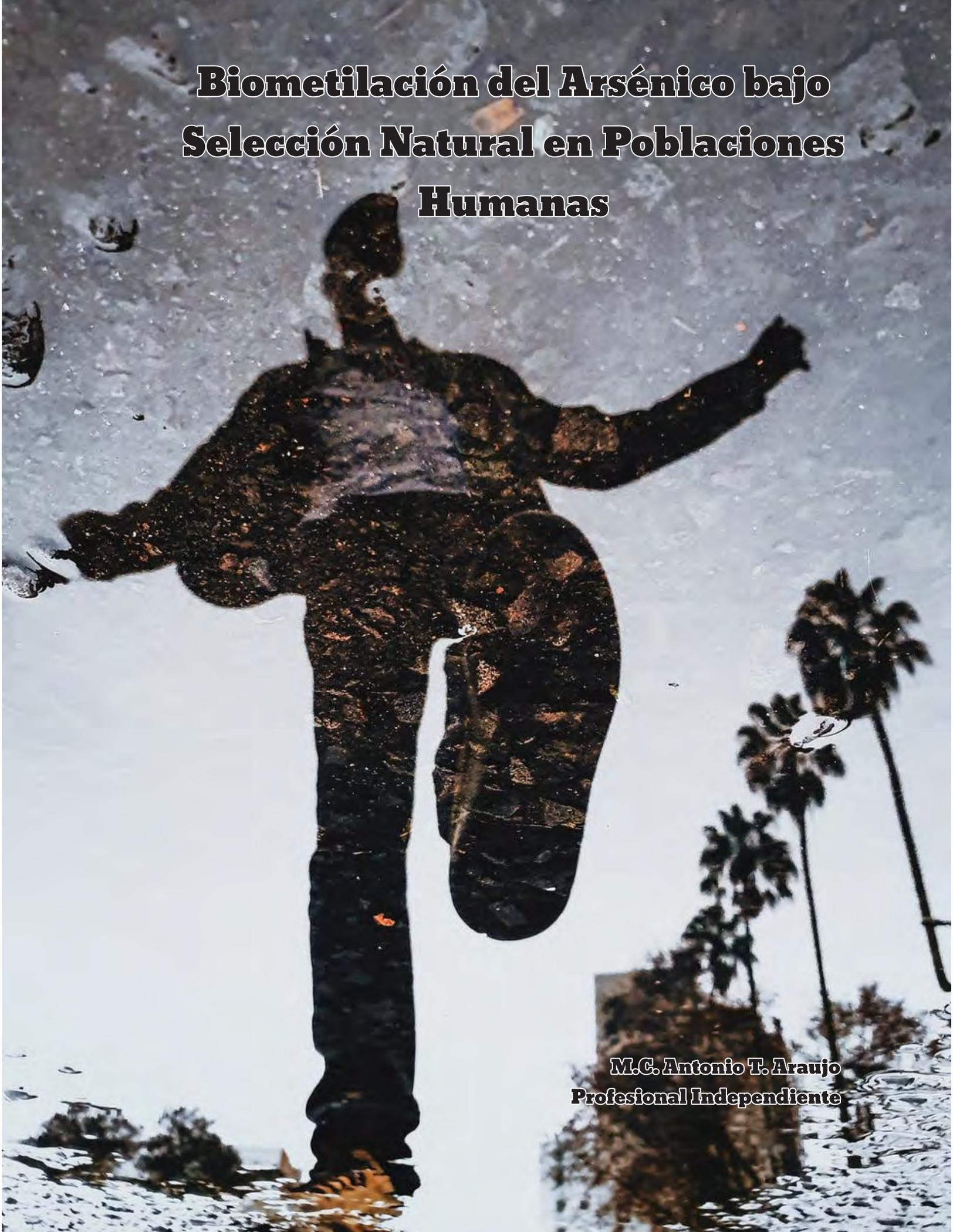
Ponton, F., Otálora-Luna, F., Lefèvre, T., Guerin, P. M., Lebarbenchon, C., Duneau, D.,

Biron, D. G. y Thomas, F.. Water-seeking behavior in worm-infected crickets and reversibility of parasitic manipulation, *Behavioral Ecology*, 22(2), pp. 392-400, 2011.

Rodríguez Lozano, A., El tío Gamarza y la historia del pelo-culebra, <http://cienciaes.com/ulises/2011/05/03/el-tio-gamarza-y-la-historia-del-pelo-culebra/> consultado 22 de octubre de 2017.

Rossman, D. A., Ford, N. B. y Seigel, R. A., *The garter snakes. Evolution and Ecology*, University of Oklahoma Press, 1996.

Sánchez Expósito, I., *De culebras y mujeres: aportaciones a una leyenda extremeña*, Gobierno de Extremadura, Consejo de Educación y Cultura, 2012.

A person is shown from the back, completely covered in a thick, dark, and textured substance that resembles mold or a toxic coating. The person's arms are outstretched. The background is a bright, overexposed outdoor setting with several palm trees and a building visible in the distance. The overall scene conveys a sense of environmental contamination and its impact on human health.

Biometilación del Arsénico bajo Selección Natural en Poblaciones Humanas

**M.C. Antonio T. Araujo
Profesional Independiente**

Resumen

Recientemente se ha reportado en la literatura lo que podría ser un nuevo evento de selección y adaptación en humanos, que cuenta como factor de selección la exposición al arsénico inorgánico, un elemento altamente tóxico que se puede encontrar de manera natural en cuerpos de agua utilizados para el consumo humano. Las señales de selección se han observado en poblaciones asentadas en Argentina y Chile, las cuales han estado expuestas a altas concentraciones de arsénico durante miles de años; entre los componentes bajo selección se encuentra el gen *AS3MT*, que codifica una enzima que participa en la biometilación del arsénico, un paso importante en el metabolismo y eliminación de este elemento tóxico de nuestro organismo. Varios polimorfismos de un solo nucleótido han sido reportados este gen y algunos de ellos se encuentran asociados a diferencias en el metabolismo del arsénico y su toxicidad.

Abstract

Recently it has been reported in the literature what could be a new event of selection and adaptation in human, which counts as a selection factor exposure to inorganic arsenic, a highly toxic element that can be found naturally in bodies of water used for human consumption. The selection signals have been observed in populations settled in Argentina and Chile, which have been exposed to high concentrations of arsenic for thousands of years; among the components under selection is the gene *AS3MT*, which encodes an enzyme that participates in the biomethylation of arsenic, an important step in the metabolism and elimination of this toxic element of our organism. Several single nucleotide polymorphisms have been reported in this gene and some of them are associated with differences in the metabolism of arsenic and its toxicity.

Palabras clave: Evolución, arsénico, adaptación, xenobiótico, polimorfismos.

Keywords: Evolution, arsenic, adaptation, xenobiotic, polymorphisms.

Introducción

El desarrollo de procesos de selección y adaptación en entornos locales es un tema que continúa siendo poco estudiado en humanos, aunque su comprensión puede ser fundamental para entender la estructura genética de las poblaciones actuales. Una adaptación es una característica morfológica, fisiológica o conductual que contribuye a la sobrevivencia y reproducción de los individuos de una población en un tiempo y ambiente determinado. Aunque los eventos de adaptación y sus causas en nuestra especie son escasamente conocidos, contamos con algunos ejemplos que demuestran su importancia.

Por ejemplo, variaciones en genes que codifican para proteínas de membrana expresadas en eritrocitos o situadas en el citosol confieren resistencia a la infección de protozoarios del género *Plasmodium*, el agente causal de la malaria; otro ejemplo es la pigmentación (color) de la piel que ha evolucionado como un mecanismo de protección asociado a los niveles de exposición de radiación UV, así como a la síntesis de vitamina D. Estos casos se conocen desde hace tiempo y continúan siendo investigados, pero ahora conocemos nuevos eventos de selección en humanas que requieren ser estudiados, entre los que podemos mencionar la persistencia de la enzima lactasa en la vida adulta, que se ha observado en grupos con un consumo elevado de leche y otros lácteos durante más de 5,000 años (Fan *et al.*, 2016). Además, recientemente se ha reportado la acción de la selección natural en poblaciones expuestas históricamente a altas concentraciones de arsénico (Schlebusch *et al.*, 2013) (Figura I).

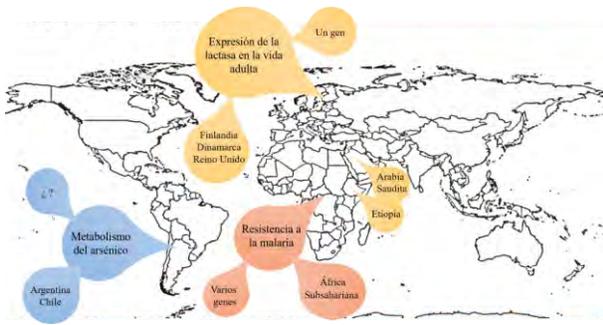


Figura 1: Ejemplos de adaptaciones en poblaciones humanas. Una adaptación puede involucrar un solo locus (adaptaciones monogénicas) o varios (adaptaciones poligénicas), y se pueden presentar en poblaciones con un origen geográfico diferente, pero bajo presiones de selección similares como ocurre en el caso de la persistencia a la lactasa en adultos.

Es conveniente señalar que la posibilidad de conocer nuevos casos de selección se debe en buena parte al desarrollo tecnológico en la extracción (de distintas fuentes) y secuenciación del ADN. En el presente trabajo se ilustra la selección en poblaciones humanas expuesta al arsénico, comenzado con una descripción general del metabolismo de xenobióticos y en particular del arsénico, además de su exposición. Posteriormente, se describe el proceso de selección postulado en poblaciones de América del Sur y brevemente algunos trabajos que se han realizado en nuestro país.

Metabolismo de xenobióticos

Los humanos estamos constantemente expuestos a distintos compuestos químicos que nos son ajenos, estos compuestos que no forman parte de nuestro organismo reciben el nombre de xenobióticos y provienen de fuentes naturales, aunque principalmente antropogénicas (desechos industriales, plaguicidas, combustibles, entre otros). Cuando un xenobiótico entra en nuestro cuerpo, comienza a experimentar una serie de reacciones bioquímicas para formar un compuesto menos reactivo y más soluble. La disminución en su reactividad ayuda a contener el daño a macromoléculas celulares como lípidos, proteínas o el mismo ADN, mientras que el aumento en su solubilidad favorece su eliminación de nuestro organismo. Sin embargo,

también puede ocurrir que el metabolismo del xenobiótico produzca metabolitos más reactivos y tóxicos, lo que se conoce como bioactivación, pero al igual que con el compuesto original (padre) el sistema enzimático encargado de su metabolismo formará productos secundarios más solubles y menos reactivos.

El metabolismo de xenobióticos se divide generalmente en dos fases de biotransformación, conocidas como reacciones de fase I (funcionalización) y de fase II (conjugación). En la fase I los xenobióticos sufren procesos de oxidación y reducción (movimiento de electrones) que disminuyen la reactividad del compuesto original, además se agregan o exponen grupos funcionales (reactivos con otras moléculas) que sirven de sustrato para nuevas reacciones. En la fase II el xenobiótico o sus metabolitos (formados durante la primera fase) son enlazados a moléculas endógenas como el ácido glucorónico, formando conjugados con mayor afinidad por el agua (hidrofílicos) y más fáciles de eliminar del organismo (Figura II).

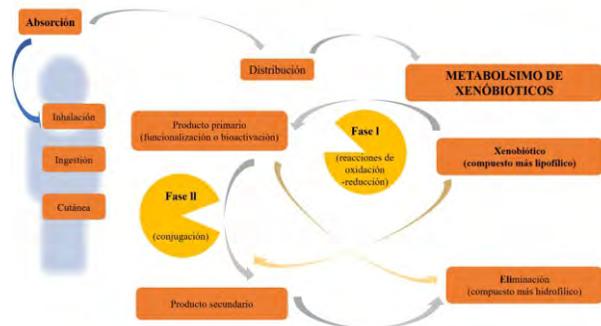


Figura 2: El metabolismo de xenobióticos involucra dos tipos de reacciones. Reacciones de Fase I que llevan a la funcionalización o bioactivación de un xenobiótico y las reacciones de Fase II en las cuales se forma un conjugado con el xenobiótico original o sus metabolitos (flechas grises). Aunque la vía general en la eliminación de xenobióticos involucra dos fases, un compuesto puede ser eliminado después de la primera fase o también ser conjugado directamente por las enzimas de Fase II y subsecuentemente eliminado (flechas amarillas).

A través del tiempo hemos desarrollado un amplio sistema de detoxificación formado por varios genes y sus productos, los cuales

presentan polimorfismos o variantes que pueden ser cambios de un nucleótido por otro (SNPs), así como la pérdida o inserción de nucleótidos en una secuencia (deleciones o inserciones). Estas variaciones se encuentran en distinta frecuencia entre poblaciones alrededor del mundo y las diferencias pueden ser por la exposición o no a un xenobiótico, así como a su concentración y al tiempo al que se ha estado expuesto; es decir, la exposición favorecería las diferencias en la frecuencia de algunas variantes genéticas entre grupos expuestos y no expuestos o con menor exposición, aunque solo si estos cambios contribuyen a la sobrevivencia de los individuos, por lo tanto, un compuesto tóxico puede representar un factor de selección al igual que algunos agentes infecciosos. No obstante, la exposición a compuestos tóxicos se encuentra entre los factores menos estudiados de selección en grupos humanas.

Exposición y metabolismo del arsénico

El arsénico (As) es un elemento altamente tóxico que se encuentra distribuido con amplitud en el ambiente. Este elemento se puede hallar de manera natural en concentraciones altas en la corteza terrestre, contaminando cuerpos de agua subterráneos que suelen ser utilizadas para el consumo humano. En varias regiones de países como Bangladesh, China, India, Hungría, Chile, Argentina y México, entre otros, se han reportado concentraciones por encima del límite recomendado para agua potable por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (10 ug/L), esto representa un problema reconocido por la propia OMS, porque la exposición aguda al arsénico puede ocasionar desde vómitos y diarrea, hasta la muerte de una persona, mientras que la exposición crónica es causa de lesiones en la piel y propicia el desarrollo de distintas enfermedades como cáncer de vejiga y pulmón, enfermedades cardiovasculares y neurológicas (Argos., 2014). También ha sido asociado con un incremento de abortos espontáneos y mortalidad infantil, además de problemas en recién nacidos que pueden presentar un peso bajo al nacer (Quansah *et al.*, 2015).

El As que ingresa al cuerpo por el consumo de agua es absorbido a través de la mucosa del tracto digestivo, después de la absorción pasa al torrente sanguíneo y se distribuye a diferentes órganos como pulmones, riñón e hígado, en este último, el arsénico es metabolizado para facilitar su eliminación. Su metabolismo no está del todo comprendido, pero se considera que ocurre en varios pasos. En un principio, el arsénico es metabolizado de As pentavalente (As^V) a As trivalente (As^{III}), el cual es más tóxico para el organismo, pero también más fácil de ser metilado; posteriormente el As experimenta reacciones de oxidación-reducción y metilación en diferentes etapas para formar metabolitos mono y bi metilados, ácido metilarsónico (MMA) y ácido dimetilarsínico (DMA) respectivamente, que son eliminados con rapidez del cuerpo especialmente por la orina. Sobre los productos metilados se ha encontrado que el MMA puede ser incluso más tóxico que el arsénico inorgánico, lo que probablemente se debe a las reacciones de reducción que conllevan una ganancia de electrones y que pueden hacer al metabolito más reactivo (Watanabe y Hirano, 2013). También se ha reportado que el DMA en un estado pentavalente (DMA^V) es el metabolito más abundante en la orina, lo que ha llevado a pensar que un mayor porcentaje de DMA es un indicador de eficiencia en el metabolismo del As y a emplear la relación entre MMA y DMA como un marcador de riesgo por exposición al arsénico en poblaciones humanas (Schlebusch *et al.*, 2013).

La biometilación del arsénico se ha observado en diferentes organismos como bacterias, hongos y algas, así como en varios mamíferos (no todos) incluido el hombre, mientras que en plantas se piensa que ocurre a través de microorganismos asociados a la raíz. Su conservación en un amplio espectro de formas de vida sugiere que es un paso importante en el metabolismo del arsénico. En humanos la principal enzima involucrada en el proceso de biometilación es codificada por el gen *AS3MT* (arsénico (3+) metiltransferasa) que consta de

11 exones y se encuentra localizado en el cromosoma 10 del genoma humano (Wood *et al.*, 2006).

Selección en poblaciones humanas por exposición al arsénico

Varios SNPs han sido reportados en el gen *AS3MT* como parte de un haplotipo (conjunto de variaciones que se heredan juntas) y algunos se encuentran asociados con diferencias en el metabolismo del As en distintas partes del mundo. Particularmente en habitantes de San Antonio de los Cobres (SAC), al noroeste de Argentina, se han reportado en una frecuencia alta ($\geq 70\%$) la presencia de varios SNPs -tres en particular- asociados a un porcentaje mayor de DMA en la orina. Como se ha mencionado previamente, el DMA es un producto menos nocivo y el más abundante en ser eliminado, esto sugiere que a mayor porcentaje de DMA el arsénico experimenta un metabolismo eficiente y permanece menos tiempo en el organismo lo que disminuye su toxicidad. Debido a lo anterior, se ha propuesto que el aumento en la frecuencia de ciertos polimorfismos en el gen *AS3MT* se debe a la acción de la selección natural y supone un mecanismo de adaptación en poblaciones que han estado expuestas a niveles altos de este elemento durante miles de años, como en SAC, en la que se han determinado concentraciones en agua de ~ 200 ug/L (Figura III) (Schlebusch *et al.*, 2015; Schlebusch *et al.*, 2013).

individuos con un metabolismo más eficiente de este tóxico podrían llegar a reproducirse más que otros y en este escenario las variantes genéticas de estos individuos estarían bajo efecto de la selección natural. Estas variaciones después de muchas generaciones podrían ser fijadas en la población en un proceso de adaptación en ambientes de alta exposición.

Schlebusch y *cols.* (2013) identificaron algunas variantes genéticas asociadas a un metabolismo eficiente del arsénico (mayor porcentaje de DMA en la orina) en pobladores con un origen principalmente indígena del grupo Atacameño, que han residido al norte de Chile y Argentina por miles de años. En su estudio también determinaron estos SNPs en individuos de mayor ascendencia "Hispana" de la localidad cercana de Salta, así como en otras etnias localizadas en América (muestras del Proyecto sobre Diversidad del Genoma Humano) y en población mestiza del Perú. En todos estos grupos la frecuencia de los SNPs de manera conjunta fue menor, la frecuencia más parecida al grupo de SAC (68.7%) fue la de Perú (50.5%) y la de mayor diferencia corresponde a las otras poblaciones nativas de América (14.35%), aunque el número de individuos que fueron estudiados (genotificados) en estos grupos también es menor al conseguido en SAC. Por otra parte, SNPs que no han sido asociados a un metabolismo eficiente del arsénico fueron encontrados en una baja frecuencia en la población argentina estudiada (25.8%).

En un estudio posterior, Schlebusch y *cols.* (2015) analizaron miles de SNPs y a través de pruebas estadísticas basadas en la frecuencia alélica (la proporción de cada una de las variantes de un gen en una población) lograron encontrar señales de selección en torno al gen *AS3MT* en los pobladores de SAC, a diferencia de residentes del Perú (Lima) y Colombia (Medellín) que formaron parte del proyecto de los 1,000 genomas y que tienen niveles bajos de exposición ambiental al arsénico. También se descubrieron otros cromosomas con señales de selección, con genes que hasta el momento no han sido relacionados al metabolismo del xenobiótico y que requieren ser investigados. Los resultados del estudio muestran el efecto

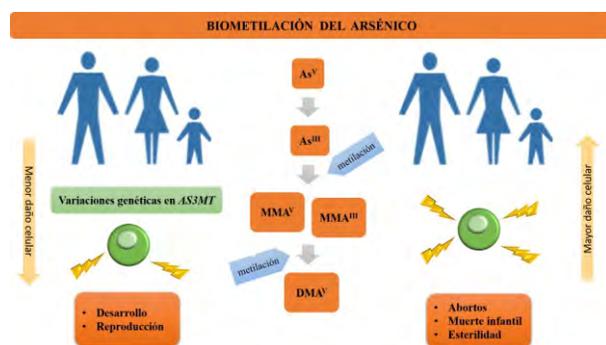


Figura 3: La biometilación del arsénico inorgánico es un paso importante para su eliminación del organismo. La toxicidad del arsénico puede ocasionar abortos o la muerte de personas expuestas a altas concentraciones de este elemento, por lo que

que el arsénico puede ejercer como factor de selección, operando sobre un componente genético asociado a un metabolismo particular que podría evitar el fallecimiento de los individuos antes de la etapa reproductiva.

Nuevas pruebas fueron obtenidas en otro estudio con residentes de Quebrada de Camarones, una localidad ubicada al norte Chile (desierto de Atacama) que también presenta niveles elevados de arsénico en el agua. En este trabajo, se encontró que las frecuencias de los SNPs asociados a un mejor metabolismo del arsénico eran similares (>60%) a las reportadas en SAC, mientras que la frecuencia de estas variantes era menor en poblaciones al sur del país (8%), al igual que las concentraciones de arsénico conocidas (Apata *et al.*, 2017). Al norte de Chile se han encontrado restos momificados con más de 6,000 años de antigüedad, algunos de ellos, pertenecen a niños pequeños con malformaciones debido a la acción tóxica de este elemento, que también se encuentra asociado con abortos espontáneos y mortalidad infantil (Pringle, 2009; Quansah *et al.*, 2015). Estos hallazgos nos hablan de la exposición histórica y de los efectos que los habitantes de estas zonas han sufrido.

La mayoría de los SNPs reportados en el gen *AS3MT* se localizan en secuencias no codificantes, la excepción a esto es un SNP que produce un cambio de aminoácido (metionina por treonina) en el codón 287 de la enzima (*Met287Thr*). En estudios "*in vitro*" se ha observado que esta modificación aumenta la actividad enzimática y altera el metabolismo del arsénico lo que podría incrementar su toxicidad (Sampayo-Reyes *et al.*, 2010; Wood *et al.*, 2006). Sin embargo, la frecuencia del polimorfismo en todo el mundo es baja (<10%) lo que podría indicar que la selección natural actúa en este locus barriendo la presencia de polimorfismos que alteren su función. También se han reportado SNPs asociados a la exposición del arsénico en regiones adyacentes al gen *AS3MT*, lo que sugiere que la selección podría estar

actuando en genes aún no estudiados en el mismo cromosoma o en otros (Eichstaedt *et al.*, 2015; Gomez-Rubio *et al.*, 2009). Por ejemplo, el gen *GSTO1* (glutación S-transferasa omega 1) presenta una delección de tres nucleótidos, cuya frecuencia en todas las poblaciones estudiadas es reducida (entre 10 y 15%), lo que ha llevado a pensar que esta frecuencia se debe a una selección negativa sobre la variante, que se encuentra en una región codificante y que en algunos estudios se ha encontrado asociada a un metabolismo deficiente del arsénico, aunque otros trabajos no soportan estos resultados (Polimanti *et al.*, 2011).

Exposición de arsénico en México

En México los problemas de exposición se presentan en regiones al norte del país en entidades como Durango y Coahuila (Comarca Lagunera), entre otros, en los cuales el agua que se extrae de pozos puede estar contaminada. También hay poblaciones expuestas como resultado de la actividad minera en estados del centro como Hidalgo, aunque al igual que en la región norte del país, el tiempo al que habrían estado bajo selección estas poblaciones parece ser menor con respecto a los grupos estudiados en América del Sur. No obstante, en las poblaciones estudiadas actualmente se han reportado diferencias en el metabolismo del arsénico en individuos con variantes en el gen *AS3MT* (Drobná *et al.*, 2016).

En varios de los estudios se ha determinado la frecuencia del polimorfismo "*Met287Thr*" y lo que se ha encontrado es una frecuencia similar al de otras poblaciones en el mundo (entre 5-9%). También se han estudiado otros polimorfismos localizados en regiones no codificantes, pero las frecuencias que se reportan son diferentes a las de SAC y a las de Chile, aunque similares a lo observado en otros países como en Bangladesh (Sampayo-Reyes *et al.*, 2010; Drobná *et al.*, 2013; Drobná *et al.*, 2016). La discrepancia en las frecuencias se puede deber a diferencias en el tiempo o en la concentración a las cuales las poblaciones se han visto expuestas, así como a la

migración de personas y la implementación de medidas de saneamiento en el agua.

Conclusiones

La selección por arsénico en poblaciones asentadas al norte de Argentina y Chile representa el primer caso descrito en humanos por exposición a un elemento tóxico. En el centro de este proceso evolutivo y como blanco de selección, se encuentra el gen *AS3MT*, que participa activamente en la biometilación del arsénico y en el que se han reportado SNPs (como parte de un haplotipo) asociados a un metabolismo eficiente de este xenobiótico; sin embargo, la mayoría de estas variantes se encuentran en regiones no codificantes, por lo que nuevos estudios son requeridos para conocer el efecto real de estos polimorfismos. Además de investigar otras regiones con señales de selección dentro del genoma.

La identificación de genes en el genoma asociadas a un factor de selección nos permite construir hipótesis biológicas sobre la historia natural de nuestra especie y aplicar ese conocimiento en beneficio de las poblaciones actuales. Con respecto al arsénico, la búsqueda de señales de selección en otras poblaciones podría arrojar resultados negativos o confusos debido a diferencias en el tiempo de exposición, así como a eventos de migración que pueden ocasionar cambios en la estructura genética de una población, como ha ocurrido en México, aunque otros factores pueden ser investigados. Finalmente, es fundamental recordar que el arsénico es un tóxico que puede causar enfermedades y que la exposición ambiental a este elemento es un problema de salud en varias partes del mundo.

Bibliografía

1. Apata, M., Arriaza, B., Llop, E. y Moraga, M., Human adaptation to arsenic in Andean populations of the Atacama desert, *American Journal of Physical Anthropology*, 163, pp. 192-199, 2017.
2. Argos, M., Ahsan, H. y Graziano, J. H., Arsenic and human health: epidemiologic progress and public health implications, *Reviews on Environmental Health*, 27 4 , pp. 191-195, 2014.
3. Drobná, Z., Del Razo, L. M., García-Vega, G. G., Sánchez-Peña, L. L., Barrera-Hernández, A., Stýblo, M. y Loomis, D., Environmental exposure to arsenic, AS3MT polymorphism and of diabetes in Mexico. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 23, pp. 151-155, 2013.
4. Drobná, Z., Martin, E., Kim, K. S., Smeester, L., Bommarito, P., Rubio-Andrade, M.,...Fry, R. C., Analysis of maternal polymorphisms in arsenic (+3 oxidation state)-methyltransferase AS3MT and fetal sex in relation to arsenic metabolism and infant birth outcomes: Implications fo risk analysis. *Reproductive Toxicology*, 61, pp. 28-38, 2016.
5. Eichstaedt, C.A., Antao, T., Cardona, A., Pagani, L., Kivisild, T. y Mormina, M., Positive selection of AS3MT to arsenic water in Andean populations, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 780, pp. 97-102, 2015.
6. Fan, S., Hansen, M. E., Lo, Y. y Tishkoff, S. A., Going global by adapting local: a review of recent human adaptation, *Genes and Environment*, 354 6308 , pp. 54-59, 2016.
7. Gomez-Rubio, P., Meza-Montenegro, M. M., Cantu-Soto, E. y Klimecki, W. T., Genetic association between intronic variants in AS3MT and arsenic methylation efficiency is focused on a large linkage disequilibrium cluster in chromosome 10, *Journal of Applied Toxicology*, 30, pp. 260-270, 2009.
8. Polimanti, R., Piacentini, S., De Angelis, F., De Stefano, GF. y Fuciarelli, M., Human GST loci as markers of evolutionary forces: GSTO1*E155del and GSTO1*E208K

- polymorphisms may be under natural selection induced by environmental arsenic, *Disease Markers*, 31, pp. 231-239, 2011.
9. Pringle, H., Archaeology. Arsenic and old mummies: poison may have spurred first mummies, *Science*, 324, pp. 1130, 2009.
10. Quansah, R., Armah, F. A., Essumang, D. K., Luginaah, I., Clarke, E., Marfoh, K.,...Dzodzomenyo, M., Association of arsenic with adverse pregnancy outcomes/infant mortality: a systematic review and meta-analysis, *Environmental Health Perspectives*, 123 5, pp. 412-421, 2015.
11. Sampayo-Reyes, A., Hernández, A., El-Yamani, N., López-Campos, C., Mayet-Machado, E., Rincón-Castañeda, C.B.,...Marcos, R., Arsenic induces DNA damage in environmentally exposed mexican children and adults. Influence of GSTO1 and AS3MT polymorphisms, *Toxicological Science*, 117 1, pp. 63-71, 2010.
12. Schlebusch, C. M., Gattepaille, L. M., Engström, K., Vahter, M., Jakobsson, M. y Broberg K., Human adaptation to arsenic-rich environments, *Molecular Biology and Evolution*, 32 6, pp. 1544-1555, 2015.
13. Schlebusch, C. M., Lewis, Jr. C. M., Vahter, M., Engström, K., Tito, R. Y., Obregón-Tito, A. J.,... Broberg, K., Possible positive selection for an arsenic-protective haplotype in humans, *Environmental Health Perspectives*, 121 1, pp. 53-58, 2013.
14. Watanabe, T. y Hirano, S., Metabolism of arsenic and its toxicological relevance, *Archives of Toxicology*, 87, pp. 969-979, 2013.
15. Wood, T. C., Salavagionne, O. E., Mukherjee, B., Wang, L., Klumpp, A. F., Thomae, B. A.,...Weinshilboum, R. M., Human arsenic methyltransferase (AS3MT) pharmacogenetics: gene resequencing and functional genomics studies, *The Journal of Biological Chemistry*, 281 11, pp. 7364-7373, 2006.

Bajo Peso al Nacimiento Antesala de Obesidad



Ocaña Esponda Mario Alberto¹

Velázquez-Domínguez José Antonio²

1. Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía, Instituto Politécnico Nacional, CDMX México.

2. Centro de Investigación y Estudios Avanzados Zacatenco, Departamento de Infectómica y Patogénesis Molecular, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

Resumen

El bajo peso al nacer (BPN) se define cuando el producto post-gestacional tiene un peso inferior a 2500 g, este hecho es muy importante porque predice el desarrollo de obesidad desde los primeros meses de vida, durante la adolescencia o en la edad adulta. Varios factores están involucrados en desencadenar esta patología, como las adipocitocinas, que modifican su expresión alterando sus vías moleculares.

Summary

Low birth weight (LBW) is defined when the post-gestational product weighs less than 2500 g, this fact is very important because it predicts the development of obesity from the first months of life, during adolescence or in adulthood. Several factors are involved in triggering this pathology, such as adipocytokines, which modify their expression by altering their molecular pathways.

Palabras clave: bajo peso al nacimiento (BPN), leptina, adipocitocinas, obesidad.

Keywords: low birth weight, leptin, adipocytocin, and obesity

Existen diversos factores que impactan sobre el desarrollo del feto y alteran una diversidad de mecanismos moleculares reguladores en el adulto, mismos que generan obesidad⁶. Uno de los marcadores de salud de los niños es el peso al nacer, resultado de las condiciones, nutritivas, de salud de las madres y socioeconómicas, a lo largo del embarazo hasta el momento del parto⁷. El bajo peso al nacer (BPN) incrementa el riesgo para desarrollar obesidad desde las primeras etapas de la infancia, durante la adolescencia y hasta la vida adulta³. Hales y Baker han demostrado que el BPN es un reflejo de la privación nutricional *in útero*⁸. El BPN se define como <2500g^{2, 7}. Diversos estudios en modelos animales confirman que la desnutrición materna puede conducir a síndrome metabólico ocasionando así que los recién nacidos con BPN alcancen un crecimiento acelerado, reflejado en

obesidad en edad adulta⁶. En el 2010 fueron registrados 2.6 millones de nacimientos, 79.4% fueron niños menores de un año. Durante el 2012 en algunos países como México 8 de cada 100 niños nacidos reportaron BPN (8.3%), identificando así tres entidades federativas con estos altos porcentajes de incidencia en la Ciudad de México (11.6%), Estado de México y Yucatán (10.5 y 9.7%)⁷. Una gran variedad de factores están implicados en llevar a cabo este efecto, dentro de los cuales los factores ambientales contribuyen a reducirlo convirtiéndose en una gran preocupación por el buen conocimiento de la relación BPN/mortalidad infantil y efectos adversos en la salud en la vida futura. Recientes reportes epidemiológicos han vinculado tabaquismo, estrés, desnutrición y embarazo adolescente, además de otras exposiciones ambientales para incremento de riesgo de BPN, parto prematuro, anomalía congénita y pérdida del embarazo⁴. Otro factor importante podría incluir infecciones maternas, pérdida alta de nutrientes y/o incremento de los requerimientos nutricionales durante el embarazo².

El tabaquismo (pasivo y activo) ha sido relacionado con el BPN. Sin embargo, la exposición materna al humo del tabaco ha sido asociada con incremento de los niveles de nicotina y cotinina en suero u orina de la madre y del neonato así como en el líquido amniótico. Estas sustancias son un peligro para el feto, cruzan la barrera placentaria y pueden inhibir el crecimiento y desarrollo del mismo.

La relación tabaquismo materno/desarrollo fetal se cree que deriva de un efecto tóxico directo o indirecto del humo mediado por una reducción en la ganancia de peso materno¹, generando susceptibilidad genética individual que puede tener un efecto en el desarrollo fetal, y en la modificación de diversos procesos metabólicos. Numerosos componentes químicos como hidrocarburos aromáticos policíclicos son activados y destoxificados por enzimas metabolizantes/xenobioticos como el complejo

glutación S-transferasa⁴.

La prevalencia de BPN es superior, predominantemente por la desnutrición materna antes y durante el embarazo. Deficiencias de micronutrientes durante el embarazo tienen implicaciones graves en el desarrollo del feto². Se tiene demostrado que la restricción de alimentación materna durante el embarazo en ratas resulta en BPN con disminución de los niveles de insulina y leptina en plasma⁶, por un probable daño en el desarrollo fetal del páncreas⁸. En las grandes ciudades el BPN se propone es por retraso en el crecimiento intrauterino con 6.7% de nacimientos prematuros².

Varios estudios reportan una asociación embarazo joven y el incremento de nacimiento pretermino, mortalidad neonatal, anomalías congénitas y BPN. La reducción en crecimiento fetal descrita en algunos estudios ha sido propuesta como resultado de la competición por nutrientes entre el crecimiento de la madre adolescente y el feto³. Los individuos de corta edad gestacional tienen alto riesgo de ganancia de peso en etapa postnatal, desencadenando posteriormente obesidad tardía y síndrome metabólico, antesala de patologías como diabetes meliitus tipo 2, dislipidemia, hipertensión y enfermedades cardiovasculares en donde la remodelación de las cámaras cardíacas están íntimamente vinculadas con estos procesos⁵. Científicamente se ha demostrado que no solo los niños con alto peso al nacer, sino también los que tienen BPN pueden padecer obesidad en edad adulta. Sin embargo, al presentarse BPN hay una ganancia de peso más rápida, lo que conduce a adipogenesis y a un incremento de la obesidad abdominal, resistencia a la insulina e intolerancia a la glucosa⁸. Esto depende de interacciones entre genoma fetal, disponibilidad de nutrientes y oxigenación, nutrición materna y varios factores de crecimiento de origen maternofetal y placentario⁵.

El BPN proviene de una reducida exposición neural hipotalámica de las vías de la saciedad y de la desregulación de señalización primaria programando hiperfagia y obesidad adulta. Como las neuronas y la glía surgen desde células progenitoras neurales (CPN), se postuló que una discapacidad programada de CPN puede contribuir para reducir el desarrollo de vías neurales hipotalámicas, reducción del desarrollo neuronal del hipocampo, corteza visual y corteza cerebral.

Notablemente los recién nacidos con BPN tienen reducción de los niveles de insulina y leptina en plasma. Varios estudios sugieren un papel crítico de la leptina, ambos en útero y durante el periodo de recién nacido ya que es un factor primario que sirve como un modulador hipotalámico del apetito/saciedad en adultos, es una proteína sintetizada por los adipocitos de con un peso de 16 kDa. Es transportada entre el cerebro y actúa principalmente en el hipotálamo, activando la vía de las JAK-STAT a través de su receptor largo (ObRb) para suprimir el consumo de alimentos. Posee un efecto neurotrópico que es también mediado por señalización extracelular regulada por vía de las quinasas.

Los ratones tipo silvestre (ob/ob), ha sido uno de los modelos experimentales más explorado para analizar la deficiencia de leptina en donde se observó que reduce el peso del encéfalo, las proteínas y ADN. El raton ob/ob tiene interrupción permanente de las vías neuronales reguladoras del apetito desde el núcleo arqueado a los núcleos paraventriculares que puede ser prevenido o revertido por tratamiento de leptina durante el periodo neonatal, aunque no en edad adulta. Paralelo a esto el crecimiento restrictivo de fetos demuestra una disminución de leptina, de su propio RNAm, proteínas placentarias y reduce los niveles de leptina en cordón, mientras que en el humano, rata o ternero recién nacido con BPN se ha informado que tienen los niveles reducidos de leptina en plasma.

Homologa a la leptina, la insulina accesa ganancias para el hipotálamo mediante un proceso y difusión saturable mediante su receptor. Regula la respuesta anorexigenica hipotalámica a través de una tirosina cinasa de membrana, que activa la cascada de señalización de PI3K (crucial en numerosos aspectos celulares involucrados en el crecimiento y supervivencia celular). Una serie de estudios tienen demostrada la presencia de la maquinaria de síntesis de la insulina en cerebro fetal. Los receptores de insulina se expresan extensamente a lo largo del cerebro, sugiriendo un papel en el crecimiento neuronal. Por su parte la insulina exógena promueve un crecimiento celular y sirve como un factor trófico en cultivo de células de neurona fetal. La administración de insulina adicional estimula la fosforilación de ERK1/2, sugiriendo que el crecimiento de las neuritas puede ser mediado a través de esta vía de señalización desencadenando la presencia de proteínas proinflamatorias como resultado final de su mecanismo de acción⁶.

De manera importantemente el BPN expone una desregulación de la señalización hipotalámica de leptina e insulina, con un subsecuente deterioro de la respuesta anorexigenica, incrementando el consumo de alimento y desencadenando la obesidad. Así el BPN programa posteriormente la hiperfagia por deterioro del desarrollo neuronal hipotalámico alterando las vías de señalización en células progenitoras⁶.

El BPN puede desencadenar una liberación inapropiada de citosinas, aumenta el riesgo de eventos cardiovasculares y síndrome metabólico. Los mecanismos básicos que representan un estado de hiper-inflamación contribuyen a un ambiente desfavorable durante el crecimiento fetal, causando una programación genética inadecuada.

Como parte de las adipocitocinas la adiponectina es una citocina antiinflamatoria producida exclusivamente por los adipocitos, la

cual conduce a un aumento de sensibilidad a la insulina y una inhibición del proceso inflamatorio es identificada como una fuerte variable predictiva para la relación de aumento de colesterol/lipoproteína, entre tanto la velocidad de la ganancia de peso es más determinante para los niveles séricos de estos elementos. En el hígado inhibe la expresión de enzimas que estimulan la gluconeogénesis como la producción de glucosa. Un aumento de procitocinas inflamatorias que incluyen interleucina 6 (IL6), resistina, factor de necrosis tumoral- α (TNF- α) y proteína C reactiva, producidas por la mayor parte de tejido adiposo han sido asociadas a síndrome metabólico⁵.

Se ha demostrado que la alimentación a seno y la duración de esta, juegan un papel importante en la prevención de obesidad infantil. En niños con BPN el consumo de suplemento de fórmula es más común; sin embargo, se ha demostrado que una prolongada alimentación a seno puede reducir el riesgo de obesidad durante la infancia. Esto está íntimamente relacionado por algunos componentes existentes en leche materna como son la grelina, adipocinas y resistina, adipocitocinas que influyen en la regulación del consumo de alimentos controlando el balance en el consumo de energía durante la infancia⁷. Mas aun se ha evidenciado que los niños con BPN presentan una hipersecreción de hormona folículo estimulante (FSH), más pronunciada que en varones. Mientras que las mujeres padecen de una pubarquia prematura y se asocia con ovarios poliquísticos y ciclos anovulatorios finalmente en varones se asocia con la disminución del tamaño testicular, subfertilidad y mayor frecuencia de hipospadias y criptoquidia⁵.

BIBLIOGRAFIA

1. M.A.A. Wadi 1 and S.S. Al-Sharbatti. 2011, "Relationship between birth weight and domestic maternal passive smoking exposure". EMHJ, 17(4): 290-296.
2. Muthayya S. "Maternal nutrition & low

birth weight what is really important?". 2009, Indian J Med Res, 130: 600-608.

3. Khashan A., Baker P. y Kenny L." Preterm birth and reduced birthweight in first and second teenage pregnancies: a register-based cohort study". 2010, BMC Pregnancy and Childbirth, 10:36 2-8.

4. Danileviciute A., Grazuleviciene R., Paulauskas A. Nadisauskiene R and Nieuwenhuijsen M.J., 2012," Low level maternal smoking and infant birthweight reduction: genetic contributions of GSTT1 and GSTM1 polymorphisms". BMC Pregnancy and Childbirth, 12: 161, 2-10.

5. Paim dos Santos S. y Barros Oliveira L. M. 2011, "Baixo peso ao nascer e sua relação com obesidade e síndrome metabólico na infância e adolescência". R. Ci. med. biol., Salvador, 10(3): 329-336.

6. Desai Ph.D. M., Li T. Ph.D. y G. Ross M. M.D. 2011, "Hypothalamic Neurosphere Progenitor Cells in Low Birth-Weight Rat Newborns: Neurotrophic Effects of Leptin and Insulin". Brain Res. 10, 1378, 29-42.

7. Zarrati M., Shidfar F., Moradof M. Nasiri Nejad F., Keyvani H., Rezaei Hemami M., and Razmpoosh E. 2013, "Relationship between Breast Feeding and Obesity in Children with Low Birth Weight". Iranian Red Crescent Medical Journal, 15(8): 676-82.

8. Bermúdez de la Vega JA, Vela Jiménez L, Jiménez Tejada M, Granero Asencio M. Historia natural del pequeño para la edad gestacional. Vox Paediatrica 2005; 13: 19-24.



**Cuando la hidrodinámica y la
electrodinámica se encuentran: uno
de los problemas más complejos y
fascinantes de la física
contemporánea**

**A. L. García-Perciante¹, A. B. Rodríguez-Mendoza¹,
A. Sandoval-Villalbazo²**

**¹Depto. de Matemáticas Aplicadas y Sistemas, Universidad
Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa**

**²Depto. de Física y Matemáticas, Universidad Iberoamericana
Ciudad de México**

Resumen

La física de plasmas ha sido un tema central en la ciencia por décadas. El rango de aplicaciones actuales, en desarrollo y proyectadas a futuro es extraordinario. El formalismo matemático que involucra la descripción de este tipo de sistemas es elegante y al mismo tiempo elusivo. Dicho modelo involucra la hidrodinámica y el electromagnetismo y ha podido ser tratado en su forma completa únicamente utilizando métodos numéricos. Se han podido obtener soluciones analíticas solo para casos particulares, introduciendo varias aproximaciones. Sin embargo, el problema desde el punto de vista matemático se comprende a cabalidad y las ecuaciones pueden ser escritas de forma completa incluyendo todos los mecanismos de disipación. Estos temas pueden ser estudiados de forma independiente por estudiantes avanzados y también abordados en cursos de física de nivel intermedio. La teoría cinética constituye una base teórica para las ecuaciones de los fluidos así como un método robusto para establecer las ecuaciones constitutivas que de otro modo deben ser planteadas desde el punto de vista fenomenológico o basándose en evidencia experimental. El presente trabajo sugiere la inclusión de este tema en cursos de física intermedios y avanzados, motivando primeramente el tópico a través de una breve descripción de algunas aplicaciones útiles e interesantes. Posteriormente, se explica de una forma esquemática la descripción matemática del fluido cargado incluyendo todos los efectos disipativos, los cuales tienen sustento en la teoría cinética. Se muestran y describen las ecuaciones de la magnetohidrodinámica en presencia de todos los efectos disipativos y finalmente se incluyen algunas conclusiones junto con la invitación a jóvenes científicos a acercarse a este fascinante tema.

Abstract

Plasma physics has been a mainstream topic in science for decades. The range of applications already in use, in development and projected for the future is outstanding. The mathematical

formalism involved in the description of such systems is as elegant as is elusive. Such model involves both hydrodynamics and electrodynamics, and has only been approachable in its complete form numerically. Analytical solutions are only attainable for particular cases and after several approximations have been considered. However, the mathematical problem is very well understood and the equations can be written down including all dissipation mechanisms. These topics are at hand both for advanced students to approach on their own as well as for teachers to address in intermediate courses. Kinetic theory serves as a base for the fluid equations as well as a robust method in order to establish constitutive equations which otherwise need to be invoked by means of phenomenological or experimental arguments. This work motivates the inclusion of this topic in intermediate and advanced physics courses by firstly pointing out interesting and useful applications of plasma physics. Secondly, the work explains in a somewhat schematic fashion the description of the charged fluid based on kinetic theory from which all dissipative effects can be accounted for. The magnetohydrodynamic equations including all dissipative effects are shown and described. Some concluding remarks are included in the last section, along with an invitation for young scientist to approach this fascinating topic.

Palabras Clave:

Plasmas, magnetohidrodinámica, disipación, teoría cinética.

Keywords:

Plasmas, magnetohydrodynamics, dissipation, kinetic theory.

1. Introducción

El campo de la física que aborda el comportamiento de los fluidos cargados, o plasmas, se denomina magnetohidrodinámica y combina las ecuaciones de la hidrodinámica, que modelan el fluido, y las ecuaciones de la

electrodinámica, que determinan los campos generados por las cargas y corrientes en el mismo (Landau & Lifshitz, 1987; Griyths, 1999; Choudhuri, 1998). Este tema ha sido arduamente trabajado por décadas, sin embargo presenta aun muchos problemas abiertos. Actualmente el trabajo en este campo es intenso a nivel mundial, combinando esfuerzos entre físicos teóricos, experimentales y numéricos junto con astrónomos, matemáticos e ingenieros. Los plasmas forman parte de muchos sistemas astrofísicos al punto que se estima que más del 90 % de la materia visible en nuestro Universo se encuentra en este estado. También existen plasmas terrestres naturales y creados por el hombre. De estos últimos se han derivado varias aplicaciones beneficiosas y prometedoras que en un principio llevan a impactos positivos para la vida del ser humano (Bravo, 1997).

Un ejemplo muy familiar del uso de los plasmas en la vida cotidiana es el de las lámparas fluorescentes. Ellas se han usado desde los años 40 dado que son más eficientes energéticamente que las incandescentes. A grandes rasgos, el funcionamiento de las mismas se basa en la emisión de fotones por átomos de un plasma de mercurio que han sido excitados por interacciones con electrones libres. Los electrones libres son generados inicialmente por emisión termiónica (calentamiento de un cátodo) y generan un plasma al ionizar un gas noble también contenido en el tubo. Esto produce fuertes corrientes que circulan debido a la diferencia de potencial entre los extremos del tubo. Los choques de los electrones libres con los átomos de mercurio



Figura 1: Antorcha de plasma para procesar desechos.

excitan a sus electrones haciendo que liberen fotones al regresar a su estado base. La energía de dichos fotones corresponde al rango de luz ultravioleta, que es invisible al ojo humano. Finalmente, estos fotones interactúan con las moléculas de un material fluorescente que cubre el tubo, capaz de absorber radiación electromagnética y reemitirla con frecuencias mayores, generándose en la interacción luz visible.

Un poco menos cotidiano pero extremadamente novedoso y beneficioso, es el uso de plasmas para el tratamiento de desechos delicados, como los generados en hospitales y laboratorios o incluso cenizas provenientes de la quema convencional de basura. Estos aparatos son básicamente antorchas de plasma que disocian a nivel molecular la basura y permiten así una separación entre componentes orgánicos e inorgánicos, lo cual reduce la peligrosidad de la misma. Los desechos orgánicos son expulsados en un gas compuesto principalmente por hidrógeno y monóxido de carbono, el cual puede ser subsecuentemente convertido en combustible limpio. Por otra parte, los desechos inorgánicos se integran en sólidos inertes mediante el proceso de vitrificación. Parte del calor generado en la emisión de gases puede ser utilizado inclusive para producir vapor de agua y generar electricidad a través de una turbina. Existen actualmente plantas en operación con esta tecnología en Japón (Hitachi MSW Gasification Plant y Hitachi Combined MSW and Sewage Sludge Gasification Plant, Willis, Osada & Willerton 2010).

La tercer aplicación de plasmas creados por el hombre que aquí se menciona es probablemente la más prometedoras: la fusión nuclear controlada.

Ésta produce, a partir de dos núcleos de átomos ligeros (en general isótopos de hidrógeno), un átomo más pesado en una reacción que produce energía. Lo atractivo de este proceso como alternativa energética es la gran cantidad de

energía liberada en la reacción así como la disponibilidad de los combustibles: el hidrógeno es el elemento más abundante en nuestro Universo. Los productos son también átomos ligeros que no presentan ninguna peligrosidad, en un principio, para el ser humano. La pregunta que surge naturalmente es, por qué existiendo esta alternativa no se ha resuelto aun la crisis energética y los problemas ambientales generados por la combustión. El motivo es en gran parte que la fusión requiere de un gas a muy alta temperatura el cual es muy difícil de contener y controlar el tiempo suficiente como para que se lleve a cabo la reacción de forma sostenida. Aun es una incógnita si es posible para el ser humano hacer uso sostenido, seguro y eficiente de este tipo de reacciones. Actualmente el esfuerzo más ambicioso en este sentido es el Tokamak llamado ITER, el cual se encuentra en construcción a través de una colaboración entre la Unión Europea, China, la India, Japón, Corea del Sur, Rusia y los Estados Unidos (Bigot, 2015).

La investigación de la dinámica de plasmas también se enfoca en los plasmas naturales. A nivel terrestre los podemos encontrar por ejemplo en las auroras boreales que se observan al norte del planeta. En ellas, se observa el cielo coloreado, principalmente en tonos de verde y rojo. El fenómeno se debe al ingreso a la atmósfera de partículas del viento solar las cuales, debido a su alta energía, ionizan los gases atmosféricos. Las partículas son atrapadas por el campo magnético terrestre y en su camino ionizan principalmente los átomos de nitrógeno contenidos en la ionosfera. Estos últimos emiten luz visible en su recombinación formando diversos patrones. Este efecto también se da al sur del planeta donde es llamado aurora austral (Bravo, 1997).

También se encuentran plasmas en el interior de las estrellas. Allí existen condiciones extremas de temperatura, densidad y presión las cuales hacen posible que se lleve a cabo fusión nuclear

de átomos ligeros. Esta es la forma en la cual las estrellas producen energía y es este proceso el que dio origen a los elementos más pesados, a través de fusión de átomos en núcleos estelares donde inicialmente se encontraba únicamente hidrógeno. También los gases cercanos a las estrellas son ionizados por la radiación de las mismas como por ejemplo en las regiones llamadas HII, las nebulosas planetarias y los remanentes de supernovas (Choudhuri, 1998; Bravo, 1997).

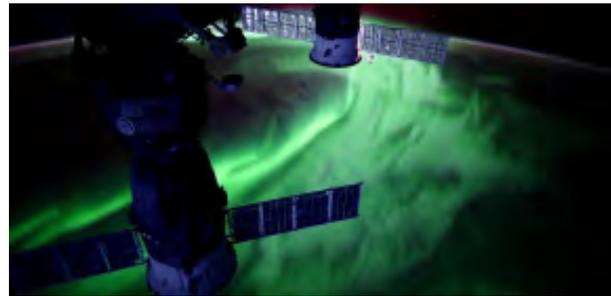


Figura 2: Fotografía de una aurora boreal tomada desde la Estación Espacial Internacional. Crédito de la imagen: NASA (2016).

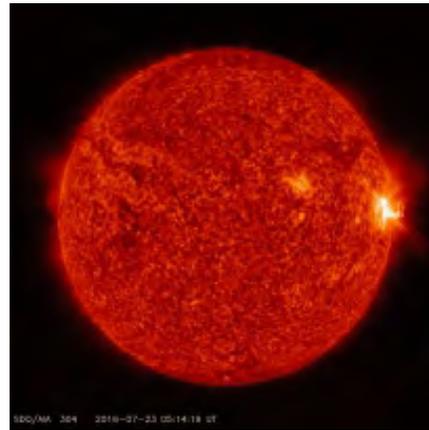


Figura 3: Imagen reciente del sol tomada por el "Solar Dynamics Observatory" de la NASA. Crédito de la imagen: NASA (2016).

2. La matemática del plasma: magnetohidrodinámica

El problema de modelar y analizar un plasma desde el punto de vista teórico es complejo. Las ecuaciones que gobiernan la dinámica del mismo son en general las ecuaciones de Navier-Stokes junto con las ecuaciones de Maxwell. En conjunto, estas ecuaciones se llaman las ecuaciones de la magnetohidrodinámica. Aquí

las mostraremos primeramente por separado.

2.1. Las ecuaciones de la hidrodinámica

Las ecuaciones que modelan el comportamiento de los fluidos son las ecuaciones de la hidrodinámica (Landau & Lifshitz, 1987). Estas pueden ser establecidas tanto desde el punto de vista fenomenológico como a partir de la teoría cinética (Chapman & Cowling, 1971). Consisten en tres ecuaciones de balance, que expresan la razón de cambio de una cantidad en términos de ganancias y pérdidas. La primera de ellas, es en general una ecuación de conservación y refleja el hecho de que la materia no se crea ni se destruye. En ausencia de agentes que agreguen o retiren partículas del sistema o de reacciones que las creen o destruyan, dicha ecuación es llamada la ecuación de continuidad y se puede expresar como

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{u}) = 0 \quad (1)$$

donde ρ es la densidad de masa y \vec{u} la velocidad hidrodinámica. La segunda ecuación es vectorial y representa el balance de ímpetu en el fluido. Usualmente se le llama la segunda ley de Newton para el fluido. En un medio continuo, los cambios en el ímpetu de un elemento diferencial no se deben únicamente a la acción de fuerzas externas sino que existen también esfuerzos internos del fluido. Este balance puede ser escrito como

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} + \frac{1}{\rho} \nabla p + \nabla \cdot \overleftrightarrow{\Pi} = \vec{F}_{ext} \quad (2)$$

donde p es la presión hidrostática, \vec{F}_{ext} es la fuerza externa neta que actúa sobre el sistema y $\overleftrightarrow{\Pi}$ es el llamado tensor viscoso, que da cuenta de la resistencia del elemento de fluido a la deformación causada por esfuerzos internos.

La última ecuación es la de balance de energía. La energía total, que corresponde a la energía

mecánica y la energía interna, satisface una ecuación de balance. Sin embargo, existe un balance independiente de la energía mecánica, similar al teorema de trabajo energía en el caso de la mecánica de una partícula, que puede ser derivado al proyectar la Ec. (2) en la dirección de la velocidad \vec{u} . De esta forma es posible escribir una ecuación para el balance de la energía interna exclusivamente, la cual a su vez puede ser escrita en términos de la temperatura usando la definición de calor específico

$$c_n = \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_n$$

siendo ε la energía interna y n la densidad de partículas. Llevando a cabo dicho procedimiento, se obtiene la tercera ecuación:

$$nc_n \frac{\partial T}{\partial t} + p \nabla \cdot \vec{u} + nc_n T \nabla \cdot \vec{u} + \nabla \cdot \vec{J}_q + \overleftrightarrow{\Pi} : \nabla \vec{u} = 0 \quad (3)$$

donde \vec{J}_q es el flujo de calor. Las ecuaciones (1), (2) y (3) conforman un sistema de 5 ecuaciones diferenciales parciales no-lineales y acopladas. A dicho sistema aun le hace falta información ya que el flujo de calor y las componentes del tensor viscoso no han sido especificadas. Esta información se introduce en el sistema a través de las llamadas ecuaciones constitutivas que relacionan dichas cantidades con los gradientes presentes en el sistema.

Estas relaciones serán discutidas en la Sección 3.

2.2. Las ecuaciones de Maxwell

En el fluido ionizado, los electrones y núcleos de los átomos no se encuentran ligados. Es posible que el fluido como un todo tenga una carga total igual a cero, si el número de cargas positivas y negativas coincide. Sin embargo, al no estar éstas combinadas en forma de átomos neutros, existen regiones en el gas con carga neta distinta de cero así como corrientes generadas por las cargas libres. Debido a esto, el plasma responde a campos electromagnéticos, tanto a los generados por sí mismo como a los externos. Por ello, las ecuaciones de transporte mostradas en

la sección anterior deben ser acopladas con las ecuaciones de Maxwell, las cuales describen la relación entre el campo electromagnético y las cargas y corrientes. Dichas ecuaciones están dadas en su forma diferencial por:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho_q}{\epsilon_0} \quad (4)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (5)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (6)$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (7)$$

Aquí \vec{E} es el campo eléctrico, \vec{B} el campo magnético, ρ_q es la densidad de carga y \vec{J} la corriente eléctrica. Las constantes ϵ_0 y μ_0 corresponden con la permitividad y permeabilidad del vacío y satisfacen $\epsilon_0 \mu_0 = c^{-2}$ donde c es la velocidad de la luz.

Las Ecs. (4) y (5) corresponden con la ley de Gauss, la cual expresa la existencia de partículas puntuales generadoras de campos radiales. La ley de Gauss para el campo eléctrico (Ec. (4)), al ser integrada en un volumen indica que el flujo de dicho campo a través de la frontera del mismo es proporcional a la suma de las cargas contenidas en él. La Ec. (5) indica que el flujo de campo magnético a través de cualquier superficie cerrada siempre es cero, lo cual se debe a que no existen partículas puntuales con carga magnética. La Ec. (6) es la llamada ley de Faraday. Al integrar dicha ecuación sobre una superficie se obtiene que los cambios en el flujo de campo magnético a través de la misma generan un campo eléctrico. Finalmente, la Ec. (7) es la ecuación de Ampere-Maxwell la cual, si olvidamos por un instante el primer término que sigue al signo de igualdad, tiene la misma interpretación que la ley de Faraday, intercambiando campo eléctrico por magnético.

Si por otra parte, dejamos de lado el término de derivada del campo eléctrico con respecto al tiempo, obtenemos una ecuación que de alguna forma juega el papel de una ecuación de campo que identifica (al ser integrada) una corriente como fuente de campo magnético. En el caso general, la circulación de campo magnético es debida a ambos efectos.

2.3. Las ecuaciones para un plasma de dos componentes

Considerar un plasma en vez de un fluido neutro introduce en el esquema varias dificultades. La primera es el contar con al menos dos especies diferentes, lo cual lleva a tener una ecuación para la densidad de cada una de ellas. Además, la fuerza incluida en el balance de ímpetu tiene una parte conservativa (fuerza eléctrica) y una parte dependiente de la velocidad hidrodinámica.

Así, la presencia de la fuerza magnética quB provoca que el rotacional de la velocidad no pueda ser desacoplado del sistema. En el caso de fuerzas independientes de u dicho procedimiento simplifica enormemente el problema. Adicionalmente, la fuerza electromagnética que actúa sobre el fluido proviene tanto de campos externos como de los generados por el mismo fluido a partir de densidades y corrientes que son justamente soluciones del mismo sistema. Esto último se toma en cuenta al acoplar las ecuaciones de Maxwell.

Combinando las ecuaciones (1)-(6), escritas para dos componentes a y b , siendo a los electrones y b los protones, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones para un plasma binario:

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_a \vec{u}) = -\frac{\mu}{e_a} \nabla \cdot \vec{J}_c \quad (8)$$

$$\frac{\partial \rho_b}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_b \vec{u}) = \frac{\mu}{e_a} \nabla \cdot \vec{J}_c \quad (9)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (\rho \vec{u}) + \nabla \cdot (\rho \vec{u} \vec{u} + p \mathbb{I}) \\ & = Q \left(\vec{E} + \vec{u} \times \vec{B} \right) + \vec{J}_c \times \vec{B} \end{aligned} \quad (10)$$

$$n C_n \frac{dT}{dt} + p \nabla \cdot \vec{u} + \nabla \cdot \vec{J}_q + \vec{\Pi} : \nabla \vec{u} + (Q\vec{u} + \vec{J}_c) \cdot (\vec{E} + \vec{u} \times \vec{B}) = 0 \quad (11)$$

donde los campos \vec{E} y \vec{B} están dados por las ecuaciones (3)-(6). Aquí $n = n_a + n_b$ es la densidad total, e_a la carga del electrón y \vec{u} la velocidad baricéntrica dada por

$$\vec{u} = \frac{\rho_a \vec{u}_a + \rho_b \vec{u}_b}{\rho}$$

donde \vec{u}_i denota la velocidad hidrodinámica de la especie i . El flujo difusivo por especie que aparece en las primeras dos ecuaciones \vec{J}_i es debido a que el número de partículas i en un elemento de volumen no necesariamente se conserva. La cantidad conservada es el número total de partículas por lo que se cumple $\vec{J}_a + \vec{J}_b = 0$. La corriente de conducción \vec{J}_c , puede expresarse como (Griffiths, 1999; García-Colín & Dagdug, 2009):

$$\vec{J}_c = \left(\frac{e_a}{m_a} - \frac{e_b}{m_b} \right) \vec{J}_a$$

y $Q = n_a e_a + n_b e_b$ es la densidad de carga. Para un plasma cuasineutro en el cual $e_a = -e_b$, se tiene que $Q = (n_a - n_b) e_a \sim 0$ y la corriente es

$$\vec{J}_c = \left(\frac{1}{m_a} + \frac{1}{m_b} \right) e_a \vec{J}_a \equiv \frac{e_a}{\mu} \vec{J}_a$$

donde $\mu = \frac{m_a m_b}{m_a + m_b} \sim m_a$ es la llama masa reducida.

Aun con esta simplificación el sistema es altamente complejo, quince ecuaciones diferenciales parciales no lineales acopladas. Debido a ello y con el objetivo de obtener resultados aplicables, se recurre a aproximaciones como por ejemplo despreciar la viscosidad o suponer temperatura constante. Esto ha permitido avanzar en muchos aspectos, sin embargo los resultados no han llegado tan rápido como se desea y quizás sea momento de regresar a los fundamentos. En este respecto, se

comenta sobre la disipación en su forma más general para un plasma de dos componentes en la siguiente sección.

3.La disipación en plasmas: resultados generales desde la teoría cinética

La teoría cinética de los gases permite la descripción de las propiedades macroscópicas de un sistema a partir de las leyes microscópicas que rigen la dinámica de las partículas que lo conforman. El esquema es altamente poderoso y ha sido usado con éxito en diversas circunstancias. Permite la fundamentación de las ecuaciones de transporte (Ecs. (1)-(3)) de primeros principios y es capaz de arrojar relaciones constitutivas de forma analítica, las cuales relacionan los flujos disipativos, como \vec{J}_q o \vec{J}_c , con las fuerzas presentes en el sistema como por ejemplo los gradientes de las variables de estado (temperatura, densidad y velocidad) o las fuerzas externas.

Las ecuaciones constitutivas para el plasma han sido ampliamente estudiadas y se tienen expresiones generales para las mismas. En el caso del flujo de calor y corriente, dichas relaciones se pueden escribir como (Balescu, 1988; García-Colín, Sandoval-Villalbazo & García-Perciante, 2007; García-Colín & Dagdug, 2009):

$$\vec{J}_q = \frac{5}{2} k^2 T \left\{ \Lambda_{q1} \nabla_{\parallel} T + \Lambda_{q2} \nabla_{\perp} T + \Lambda_{q3} \nabla_s T + T \left[\Gamma_{q1} (\vec{d}_{ab})_{\parallel} + \Gamma_{q2} (\vec{d}_{ab})_{\perp} + \Gamma_{q3} (\vec{d}_{ab})_s \right] \right\} \quad (12)$$

$$\vec{J}_c = \frac{n_a e}{m_a} k^2 \left\{ \Lambda_{c1} \nabla_{\parallel} T + \Lambda_{c2} \nabla_{\perp} T + \Lambda_{c3} \nabla_s T + T \left[\Gamma_{c1} (\vec{d}_{ab})_{\parallel} + \Gamma_{c2} (\vec{d}_{ab})_{\perp} + \Gamma_{c3} (\vec{d}_{ab})_s \right] \right\} \quad (13)$$

donde $d_{ab} = d_{ab}$ se denomina vector difusivo y contiene los gradientes de las concentraciones y de las presiones parciales así como las fuerzas externas.

En este caso de un plasma binario se tiene (Balescu, 1988; García - Colín, Sandoval-

Villalbazo & García-Perciante, 2007; García - Colín & Dagdug, 2009),

$$\vec{\alpha}_{ab} = \frac{1}{n_0 \rho_0} \left\{ \rho_{0b} \nabla n_a - \rho_{0a} \nabla n_b + \frac{\rho_{0a} \rho_{0b}}{T_0 \mu} \nabla T - \frac{\rho_{0a} \rho_{0b} e_a}{k T_0 \mu} (\vec{E} + \vec{u} \times \vec{B}) \right\} \quad (14)$$

Es muy claro el aumento de complejidad que introduce el considerar estas relaciones constitutivas en el sistema de ecuaciones de la sección anterior.

El impacto de estos efectos en la dinámica del plasma no ha sido abordado a cabalidad. Sin embargo, la física estadística lleva de forma analítica a la variedad de acoplamientos implícito en las Ecs. (12) y (13).

Los valores de los coeficientes Γ_{ij} y Λ_{ij} se pueden encontrar en Balescu (1988); García-Colín, Sandoval-Villalbazo & García-Perciante (2007); García- Colín & Dagdug (2009), donde se muestra con cierto detalle el cálculo de los mismos desde la teoría cinética. Las direcciones denotadas por \parallel, \perp y S son en referencia al campo magnético y merecen un breve comentario. Si se considera el plano formado por el gradiente de la temperatura y el campo magnético, la dirección S es la ortogonal al mismo.

Sobre el plano en cuestión restan dos direcciones, una de \perp ellas será la paralela (\parallel) al campo y la restante es la denotada por S . Para ilustrar esta descomposición (ver la Fig. (4)) consideremos la dirección \hat{k} alineada con el campo magnético, la componentes del flujo de calor estarán entonces en términos de

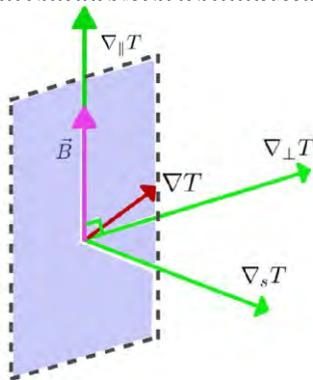


Figura 4: Direcciones paralela, perpendicular y cruzada, relativas a \vec{B} y ∇T , en las cuales fluye el calor debido al gradiente de temperatura.

$$\nabla_{\parallel} T = \frac{\partial T}{\partial z} \hat{k} \quad \nabla_{\perp} T = \frac{\partial T}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial T}{\partial y} \hat{j} \quad \nabla_S T = \frac{\partial T}{\partial y} \hat{i} - \frac{\partial T}{\partial x} \hat{j} \quad (15)$$

La descomposición para \vec{d}_{ab} es completamente análoga.

Las Ecs. (12)-(15) indican que la disipación es diferente en cada dirección relativa al campo magnético. Adicionalmente, es importante comentar que los mismos coeficientes de transporte dependen también de la intensidad de \vec{B} .

4. Comentarios finales: la complejidad del problema completo

En las secciones anteriores, hemos expuesto a grandes rasgos la motivación para el estudio de los plasmas así como el modelo matemático que los describe.

Se ha enfatizado en la primera parte lo promisorio de las aplicaciones de los plasmas así como la importancia de su entendimiento para avanzar en el conocimiento de nuestro Universo.

En la segunda y tercer sección se mostró cómo la dinámica del plasma involucra, desde el punto de vista del modelado matemático, las ecuaciones de la hidrodinámica acopladas con las de la electrodinámica.

El modelo descrito es adecuado para el sistema, sin embargo presenta un alto grado de dificultad.

Aunado a los obstáculos que no han permitido a la Física-Matemática encontrar soluciones analíticas a las ecuaciones de Navier-Stokes, en el caso de plasmas se añade el problema de tratar con varias especies, una fuerza en la dirección ortogonal a la velocidad hidrodinámica y un conjunto de ecuaciones constitutivas generales que pueden acoplar los flujos disipativos con varias fuerzas termodinámicas, incluyendo efectos cruzados.

Es la opinión de los autores que, siendo la descripción y estudio de los plasmas un problema de suma relevancia actual, es importante abordar la valoración del impacto de los efectos cruzados en los mismos.

En conclusión, el problema de la magnetohidrodinámica es fascinante.

Por una parte las aplicaciones, tanto a nivel tecnológico como de entendimiento de fluidos atmosféricos como astrofísicos, son de gran interés e importancia.

Adicionalmente, el problema desde el punto de vista matemático es sumamente retador.

Nos enfrentamos a un problema de física cuyas bases son muy bien entendidas, el modelo planteado es bastante acertado, las matemáticas correspondientes a dicho modelo son bien conocidas y estudiadas.

Sin embargo, analíticamente estamos muy lejos de encontrar soluciones más allá de las aproximaciones lineales. Las simulaciones numéricas han probado ser sumamente útiles en estos temas y corresponden al recurso que más ha aportado en los últimos años.

El problema de las ecuaciones de la hidrodinámica y de la magnetohidrodinámica ha logrado atrapar el interés de muchos físicos y matemáticos y es considerado uno de los problemas clásicos de la física-matemática.

A los estudiantes se les invita a que se sumerjan en este tema y descubran por sí mismos lo elegante del modelo y lo prometedor de las aplicaciones. Y en el mismo tenor se sugiere a los profesores que fomenten el uso de la teoría cinética para abordar este interesante problema.

Agradecimiento

Los autores agradecen el apoyo del CONACyT a través del proyecto CB2011/167563.

Referencias

Landau, L. D. y Lifshitz, E. M., *Course of Theoretical Physics, Volume 6 Fluid Mechanics*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1987.

Griffiths, D. J., *Introduction to Electrodynamics*, London, Pearson, 1999.

Choudhuri A. R., *The Physics of Fluids and Plasmas: An Introduction for Astrophysicists*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.

Bravo, S., *Plasmas en todas partes*, Fondo de Cultura Económica, México D. F., 1997.

Willis, K. P., Osada S., Willerton, K. L., Plasma gasification: lessons learned at Ecovall WTE facility, *Proceedings of the 18th Annual North American Waste-to-Energy Conference NAWTEC*, Florida, 2010.

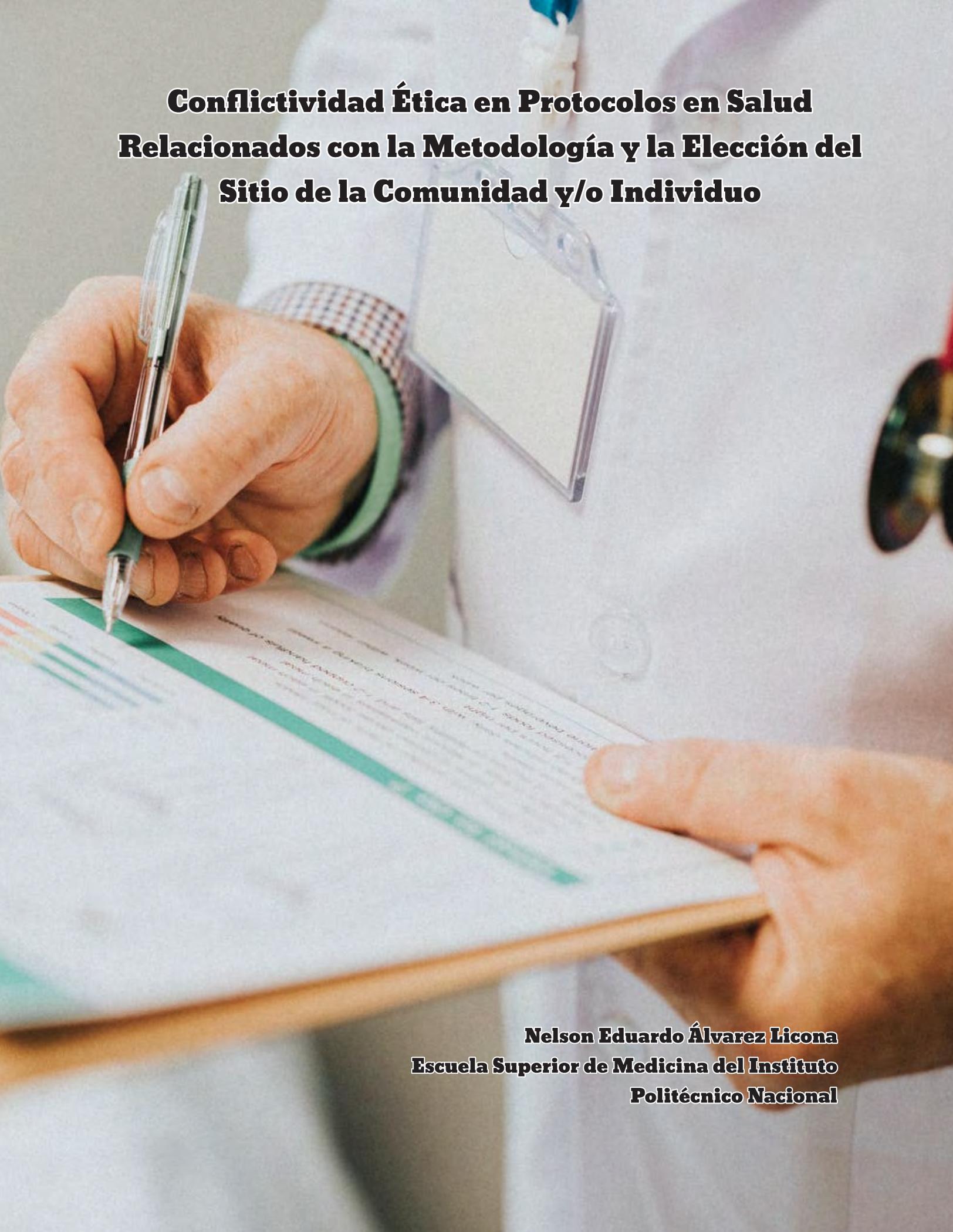
Bigot B., Pull together for fusion, *Nature*, 522, pp. 149-151, 2015.

Chapman, S. y Cowling, T. G., *The mathematical theory of nonuniform gases*, Cambridge Mathematical Library, Cambridge, 1971.

Balescu, R., *Transport Processes in Plasmas, Vol. 1 Classical Transport*, North Holland Publ. Co., Amsterdam, 1988.

García-Colín L. S., García-Perciante A. L., Sandoval-Villalazo A., Thermoelectric and thermomagnetic effects in dilute plasmas, *J. Non-Equilibrium Thermodynamics* 32, pp. 379-394, 2007 y Dufour and Soret effects in a magnetized and non-magnetized plasma, *Physics of Plasmas*, 14, 012305, 2007.

García-Colín L. S., Dagdug Lima, L., *The Kinetic Theory of a Dilute Ionized Plasma*, Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics Vol. 53, Berlin, 2009.



**Conflictividad Ética en Protocolos en Salud
Relacionados con la Metodología y la Elección del
Sitio de la Comunidad y/o Individuo**

**Nelson Eduardo Álvarez Licona
Escuela Superior de Medicina del Instituto
Politécnico Nacional**

RESUMEN

Los comités de ética en investigación, buscan regular la investigación en salud donde participan sujetos humanos. En el marco de las regulaciones internacionales, la legislación mexicana establece en la Ley General de Salud (2006) las bases para la regulación de investigaciones donde participen sujetos humanos y la instrumenta mediante reglamentos, siendo referente fundamental el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (1983). Desde estos referentes se reconoce que la evaluación de los protocolos que requieran que participen sujetos humanos son: 1) la protección; 2) el bienestar; 3) el respeto a los derechos; 4) el respeto a la dignidad. Estas consideraciones han de ser evaluadas desde la relación riesgo-beneficio. Es válida esta perspectiva para todos los participantes en estos procesos de producción. Algunos de los problemas con los que nos hemos encontrado al realizar la evaluación ética de los protocolos de investigación en salud tienen que ver con distintos aspectos, como la metodología y la elección del sitio, de la comunidad y/o del individuo, en protocolos en salud donde participan sujetos humanos.

Palabras clave: Problemas éticos, Comités de Ética en Investigación, Metodología, Elección del sitio y los sujetos de estudio.

SUMMARY.

Research ethics committees seek to regulate health research involving human subjects. In the framework of international regulations, the Mexican legislation establishes the General Health Law (2006) the bases for the regulation of research involving human subjects and implements it through regulations, being fundamental reference the Regulation of the General Health Law in Research Subject for Health (1983). From these referents it is recognized that the evaluation of protocols that require the participation of human subjects are: 1) protection; 2) welfare; 3) respect for rights; 4)

respect for dignity. These considerations have to be evaluated from the risk - benefit relationship. This perspective is valid for all the participants in these production processes. Some of the problems we have encountered in conducting the ethical evaluation of health research protocols have to do with different aspects, such as the methodology and the choice of the site, the community and / or the individual, in protocols in health where human subjects participate.

Keywords: Ethical problems, Research Ethics Committees, Methodology, Choice of the site and study subjects.

Introducción.

En México la creación de una comisión de ética en las instituciones de salud donde se realice investigación en seres humanos, está establecida en el Artículo 98 de la Ley General de Salud (2006) y se instrumenta mediante el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (1983), donde aparecen instrumentados en la legislación nacional los acuerdos internacionales que regulan la conducta en investigación en salud donde participan sujetos humanos y el mandato constitucional del derecho a la salud, establecido en el Artículo 4º, constitucional. En el marco de la normativa nacional e internacional, mi experiencia como miembro de comités de ética en investigación siendo en mi participación como vocal desde 2004 a la fecha de manera ininterrumpida, en las siguientes instituciones: Hospital de la Mujer; Instituto Nacional de Perinatología; Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias; Comité de Investigación y Ética "Latina Health Services" asociado a un Tercero Autorizado; y en Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional. Habiendo evaluado aproximadamente 500 protocolos. Me lleva a reconocer que los referentes de evaluación han de partir de las siguientes consideraciones, validas 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. Estos referentes para la evaluación están establecidas en el REGLAMENTO de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, que establece en su Art. 13, "**ARTICULO 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*". Puntualizando en el inciso IV: "*Deberán prevalecer siempre las probabilidades de los beneficiados esperados sobre los riesgos predecibles*".

Problema ético respecto a la rigurosidad metodológica.

Con respecto a la rigurosidad metodológica, que debe ser evaluada por el comité de ética en investigación, habrá que partir de que estamos ante procesos productivos en los cuales hay inversión, tanto económica como de tiempo, que traducida en hombre-tiempo de trabajo, son salarios y recursos institucionales participando en el proceso de producción, en este sentido parte de la obligación de los Comités de Ética en Investigación (CEI) es cuidar a las instituciones mismas ya que no solo están en juego los recursos invertidos en los procesos de investigación, está también el compromiso de las instituciones de salud con el desarrollo del conocimiento, con la protección de los sujetos que participan en la investigación y la búsqueda de beneficios a la población usuaria de los servicios de salud, a que tienen derecho. De ahí que una consideración metodológica importante para la evaluación, es observar si los indicadores de medición se corresponden con las hipótesis y los objetivos de la investigación, ya que en ambos se precisan los observables. Hay ocasiones en los que se propone la medición de indicadores que no se corresponden en la relación indicada y esto se traduce en una mayor

inversión en tiempo y recursos, lo que lleva al CEI a proponer al investigador responsable el necesario recorte de los indicadores de medición, habiendo de quedar solo los que están en correspondencia con las hipótesis y los objetivos. Este tipo de problemas que parecen meramente metodológicos, llevan a la pregunta ¿si en estos protocolos se está intentando obtener información para otra investigación?, ya que la elección y medición de los observables expresa la estructura del protocolo, pues de ahí surgirán los resultados con los que se podrá construir la discusión o análisis, en base a la proposición de mecanismos generativo del fenómeno que se observa, que para el caso serán los resultados, mecanismo generativo que será válido en la medida de la congruencia lógica de interacción de los elementos con los que se construye el mecanismo, que se pierde cuando se miden fenómenos que no forman parte o no expresan a los elementos con los que se pretende construir una explicación generativa del fenómeno que se desea explicar. En los casos de no haber correspondencia entre los indicadores de medición, las hipótesis y objetivos, el argumento sobre la falta de coherencia del protocolo y la utilización innecesaria de recursos, es convincente, pero cuando son otros problemas metodológicos, como el que no haya validez externa o interna de las variables, el problema reconocido por el comité de ética al realizar el análisis de los protocolos es algo que no se debe callar, como en el caso de que se observe que los indicadores de medición no son los apropiados para medir el fenómeno que se pretende y no lo debemos callar, porque ya lo observamos y nuestra opinión se convierte en un apoyo al proceso de investigación, que entre otras tareas, es función de los comités de ética en investigación, "*Evaluar los aspectos éticos, metodológicos y normativo en el ámbito de su competencia, para garantizar que la propuesta de investigación responda a los intereses y necesidades de la ciudadanía*" (Guía Nacional para la Integración de los Comités de Ética en Investigación, 2018: 14).

Otro problema relacionado con la metodología que se llega a presentar en CEI, es cuando se plantea si la evaluación metodológica es función de la comisión de investigación o le compete también a la de ética, y es en este momento cuando se puede observar que es a ambos comités a quienes les corresponde, ya que puede haber componentes éticos en la estructuración metodológica que se evalúa. En ocasiones la participación de la comisión de ética en la evaluación metodológica llega a tener el reclamo de la comisión de investigación, ya que se considera que la comisión de ética se atribuye funciones que no le competen, llegando a ser discrepancias desagradables, problemas que se suscitan debido a esta mal entendida participación del CEI en la evaluación metodológica, en parte es debido a que los investigadores que forman el comité de investigación, se llegan a ofender al creer que lo que se cuestiona es su evaluación, ya que por lo general antes de que los protocolos lleguen al comité de ética, pasan primero por el comité de investigación, y en los casos en los que ésta no es la ruta, las observaciones en el orden meramente metodológico son interpretadas, en algunas ocasiones, como intromisiones. El problema es en todo caso de comunicación y esta se puede resolver, sí de una manera respetuosa se acuerda en reunión conjunta de ambos comités y el hacerles llegar las observaciones, que en el orden estrictamente metodológico se observaran, para que el comité de investigación proceda como considere, pero solamente al comité de investigación habrá de entregarle las observaciones y a nadie más, en reconocimiento y respeto a sus funciones, esto no tiene porque ser un punto de desacuerdo, pues en todo caso es una colaboración respetuosa. Lo que no podemos hacer es callar ante la observación de un fenómeno que no contribuya a la optimización de las investigaciones que se realizan en las instituciones en donde se colabora como miembro de comités de ética en investigación.

En el orden de lo metodológico también se llega a presentar la intromisión de los miembros del comité de ética en el diseño de los protocolos, con el argumento de que si se modifica el protocolo, por lo general ampliando los indicadores de medición, se puede obtener información que profundice o de otra perspectiva de observación al fenómeno de estudio, esto habrá que impedirlo haciendo que se respete el interés del investigador y que el objeto de estudio que se presenta en el protocolo, es la idea del investigador y por lo tanto será lo que se evalúe.

Criterios para la elección del sitio, de la comunidad y/o del individuo.

Respecto a la elección del sitio donde ha de realizarse la investigación, de la comunidad o de los individuos participantes, es una consideración relevante, ya que habrá de tener cuidado con los protocolos provenientes de otros países o de la industria farmacéutica. La experiencia ha sido que en ocasiones se pretende realizar en nuestro país tomas de muestras invasivas, mientras que en el país de donde proviene el patrocinio las tomas de muestras y los procedimientos no implican riesgo mayor al mínimo. Son estudios que se pretenden realizar en sujetos humanos, mexicanos, ¿acaso piensan que en nuestro país no existen regulaciones éticas para que se pueda realizar investigación donde participen sujetos humanos?. Que quede claro que sobre la seguridad, el respeto a la dignidad y a los derechos, nada. El problema en el fondo es provocado por grupos de investigadores que han encontrado una importante fuente de ingresos al proporcionar sujetos humanos para investigaciones, por lo que debemos cuidar que la participación de los investigadores no se limite a reclutar sujetos de investigación, por que primeramente deben ser tratados como pacientes, como lo establece la Declaración de Helsinki (2013) en su artículo 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 ese deber" (Declaración de Helsinki, 2013). No más biotérios humanos. Esto se llega a observar en protocolos provenientes de investigadores de universidades de otros países que para los casos en los que me baso, norteamericanas, que encuentran en su país importante financiamiento y en un supuesto intercambio académico, lo que buscan son sujetos de investigación, que en su país no se les facilitan estos procedimientos. Con los financiamientos que consiguen, pueden dar muy altas compensaciones a los investigadores que colaboran con ellos, habrá que preguntarse por la validez ética de su participación. Así la Comisión Nacional de Bioética establece que se debe de "*c) Evitar el "doble estándar", es decir, la aplicación diferenciada de criterios éticos con diversas poblaciones, se trate de investigaciones multicéntricas o no, financiadas nacional o internacionalmente*" (Guía Nacional para la Integración y el Funcionamiento de los Comités de Ética en Investigación, 2010: 28).

CONCLUSIONES.

En el marco de la normativa nacional e internacional, la experiencia como miembro de comités de ética en investigación, lleva a reconocer que los referentes de evaluación han de partir de las siguientes consideraciones, validas 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.

- ❖ Hospitalarios, 2010. México, Secretaría de Salud, Comisión Nacional de Bioética, 2010.
- ❖ Guía Nacional para la Integración y el Funcionamiento de los Comités de Ética en Investigación. México, Secretaría de Salud, Comisión Nacional de Bioética, 2018.
- ❖ Ley General de Salud, 2006.
- ❖ REGLAMENTO de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud; México, Secretaría de Salud, 1983.
- ❖ Declaración de Helsinki, Fortaleza Brasil, 2013.
- ❖ Guía Nacional para la Integración y Funcionamiento de los Comités de Ética

A glowing red plasma ball is the central focus, set against a dark background with several bright blue light beams radiating from behind it. The plasma ball has a textured, almost crystalline appearance with internal patterns.

Una propuesta alternativa para la planeación didáctica de un curso de química

Nelly Ahuacatitan Rodríguez. Coordinación divisional de docencia y atención a alumnos, División de ciencias básicas e ingeniería, UAM Iztapalapa.

Juan Marcos Esparza Schulz. Área de físico-química de superficies, Departamento de química, División de ciencias básicas e ingeniería, UAM Iztapalapa.

Resumen

En la búsqueda por mejorar la docencia, la planeación didáctica es un pilar clave para llegar a un diseño pedagógico sustentado en principios constructivistas que mejoren el aprendizaje de los contenidos disciplinares y su aplicación por parte de los estudiantes. El transitar de un curso presencial tradicional a un curso centrado en el aprendizaje del alumno, exige un replanteamiento de la planeación docente, de las actividades de aprendizaje y de los métodos de evaluación. En este sentido, es que se propone el diseño pedagógico alternativo de un curso de química del tronco general en ciencias e ingeniería, donde los estudiantes asuman la responsabilidad de su aprendizaje. Uno de los mayores retos, es conseguir que el aprendizaje adquirido durante el curso se refleje en el aumento de los índices de aprobación.

Palabras clave:

Enseñanza de la química, aprendizaje significativo, planeación didáctica, tipos de contenidos.

Antecedentes

La educación superior tiene ante sí retos complejos hoy por hoy. Se requiere la formación de profesionales competentes, capaces de enfrentarse a un mundo laboral selectivo, global y altamente tecnológico, de desempeñarse en el marco de la interdisciplinariedad, la sustentabilidad, la inclusión y la convergencia social y tecnológica. Sin embargo, muchas Instituciones de Educación Superior (IES) basan sus modelos educativos en metodologías de enseñanza-aprendizaje tradicionales (Bernheim, 2008), que favorecen la adquisición de contenidos teóricos disociados de la práctica profesional (Zabala & Laia, 2008). En este sentido, un cambio de paradigma de modelos centrados en la enseñanza a modelos educativos centrados en el aprendizaje del estudiante, es un reto urgente que las IES deben atender.

Aunque son muchas las áreas de oportunidad para mejorar la docencia en la universidad, en

este trabajo presentamos una propuesta para mejorar la práctica educativa de la asignatura de Transformaciones Químicas (TQ), que forma parte de la etapa de formación básica de varias licenciaturas que ofrece la División de Ciencias Básicas e Ingeniería (DCBI) de la Unidad Iztapalapa de la UAM. Esta asignatura es impartida por docentes del Departamento de química que cuentan, en su mayoría, con grado de doctor y años de experiencia; sin embargo, el índice de aprobación promedio de los estudiantes oscila entre el 65 y el 70%. Suponemos que factores como la duración del trimestre (66 horas de clase en 11 semanas), la extensión y complejidad de los contenidos temáticos, las estrategias de enseñanza-aprendizaje usadas por los profesores, los escasos conocimientos previos de los estudiantes, así como actitudes negativas ante el aprendizaje de su parte, entre otros, son factores que influyen en los resultados académicos.

Ante esta situación se formó un equipo de trabajo multidisciplinario integrado por un profesor experto en la materia y una pedagoga, con el fin de elaborar una propuesta integral donde los estudiantes se interesen de manera genuina en lo que aprenden, y que cada uno de ellos asuma la responsabilidad de su propio aprendizaje. Para iniciar, se analizó el programa de estudios de la asignatura de TQ bajo la reflexión de cómo aprenden los estudiantes y cómo enseñarles para conseguir el aprendizaje significativo de los datos, los conceptos y los procedimientos relacionados a los temas del curso, cubriendo el temario completo en el tiempo limitado del periodo lectivo (un trimestre).

Fundamento teórico

Para realizar una propuesta didáctica acorde a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes se partió de principios fundamentales de la pedagogía. En este sentido, se entiende como didáctica a la disciplina pedagógica que se enfoca en el análisis, proyección y realización del proceso de enseñanza-aprendizaje,

considerando la metodología óptima para lograr los resultados deseados; esto implica la valoración de todas las actividades necesarias, así como su adaptación, para lograr el aprendizaje (Medina, 2009). La planeación didáctica se plantea, entonces, como el proyecto de acción para sistematizar y ordenar el trabajo escolar, dentro y fuera del aula, que nos permite concretar las intenciones educativas, implícitas y explícitas, de los planes y programas de estudio (Medina, 2009). Por otra parte, la perspectiva constructivista se refiere a las características, elementos y acciones incluidos en la planeación didáctica que se orientan al hecho de que el alumno construya conocimientos significativos por su cuenta a partir de la identificación de conocimientos previos, de la posibilidad de relacionarlos con su vida cotidiana, que pueda aplicarlos para resolver problemas reales, de la reflexión de su propio proceso de aprendizaje y de la posibilidad de aprender con otros.

La planeación didáctica de la unidad de enseñanza-aprendizaje (UEA) de Transformaciones Químicas, además de incluir la perspectiva constructivista, también observa puntos de encuentro con la perspectiva por competencias, específicamente en la identificación de los tipos de contenidos y la metodología de aprendizaje, enseñanza y evaluación de los mismos. Esta decisión responde al hecho de que la propuesta metodológica permite la integración de distintos conocimientos, necesarios para la formación profesional del alumnado, a partir del reconocimiento de la diversidad del proceso cognitivo de aprendizaje y en consecuencia, de la consideración de estas especificidades al promoverlo y evaluarlo (Coll, 2007), aun cuando esto implica un esfuerzo adicional en la diversificación, diseño y elaboración de las actividades de aprendizaje y de evaluación.

Como se muestra en la Figura 1, los diferentes tipos de contenidos se pueden diferenciar a

partir del conocimiento de las teorías psicopedagógicas que explican cómo aprenden las personas; así, se tienen contenidos de tipo factual, de tipo conceptual, de tipo procedimental y de tipo actitudinal. Debido a los planes y programas de estudio de la UEA en la que se aplicó esta metodología, sólo se desarrollaron las actividades didácticas relacionadas a los tres primeros tipos de contenidos: datos, conceptos y procedimientos. Para los contenidos factuales se promueve el uso de representaciones organizadas, asociaciones significativas y la promoción del recuerdo; para el caso de los contenidos conceptuales se usaron organizadores gráficos, investigación, discusión y síntesis. Finalmente, para los contenidos procedimentales se aplicaron, listas de cotejo, resolución de problemas y un proyecto integrador. Todo esto dio como resultado una planeación didáctica en la que se incluyen actividades de enseñanza-aprendizaje y de evaluación de los diferentes tipos (figura 2).



Figura 1. Tipos de contenido y su definición. Adaptado de: Tipos de contenidos. Antony Zavala, Cuadernos de Avance, Cursos SEP, 2012.



Figura 2. Tipos de contenido y los recursos para aprenderlos y evaluarlos. Adaptado de: Tipos de contenidos. Antony Zavala, Cuadernos de Avance, Cursos SEP, 2012.

Metodología:

Al revisar con detalle el programa de estudios de la UEA de Transformaciones Químicas se identificaron las siguientes áreas de oportunidad:

- Contenidos extensos y complejos.
- Listado de contenidos inespecífico (da pie a incluir o excluir contenidos).
- Objetivos de aprendizaje mal planteados (no relacionados con los contenidos y poco claros respecto con respecto a los niveles de aprendizaje esperado).
- No considera el proceso de evaluación (actividades, momentos y tipos).

A partir de la comprensión de estas dificultades y considerando la experiencia docente de uno de los autores, se procedió a elaborar una planeación didáctica que definiera puntualmente los contenidos del curso, atendiera a la extensión y complejidad de los mismos, se apegan a los tiempos del trimestre, permitiera replantear y concretar los objetivos del curso, que incluyera el proceso de evaluación y promoviera el aprendizaje significativo. A continuación, se describe este proceso.

a) Re-definición de los objetivos del curso: los objetivos propuestos en el programa de estudios original no eran pertinentes a los contenidos del curso; por tanto, se trabajó en una nueva propuesta de objetivos para los contenidos de cada tema, mismos que correspondían a los aprendizajes esperados para cada tipo de contenido: datos, conceptos y procedimientos.

b) Contenidos: después de organizar y listar detalladamente los contenidos que pertenecen a cada tema incluido en el programa de estudios, cuidando no dejar de lado aquellos de importancia para el resto de las licenciaturas y no incluir temas redundantes, se procedió a identificar los componentes de cada contenido: factual, conceptual y procedimental; este proceso requirió de un análisis detenido y profundo para desmenuzar a detalle los contenidos, considerando los conocimientos previos mínimos necesarios por parte de los estudiantes y el perfil de egreso en el plan de estudios, dando como resultado un listado como el que sigue:

Tabla 1. Contenidos temáticos organizados según su tipología

Aprendizaje	Contenido
Factual	- Símbolos de los elementos. Notación para representar un elemento, sus números atómicos y de masa, y sus cargas.
Conceptual	- Concepto de masa atómica promedio. - Concepto de mol.
Procedimental	- Cálculo de la masa atómica promedio de un átomo a partir de las abundancias relativas de sus isótopos

c) Actividades de enseñanza-aprendizaje: cuando se terminó el listado de los contenidos se procedió a proponer las actividades didácticas correspondientes a cada uno de ellos. En este punto se usaron dos criterios fundamentales: la activación de conocimientos previos y el aprendizaje centrado en el alumno.

d) Tiempo: una vez que se identificaron los contenidos temáticos de cada unidad del curso, así como su categorización (factual, conceptual y procedimental), se plantearon las actividades de enseñanza-aprendizaje para ellos. Se obtuvo un listado que, si bien era extenso, también era muy concreto y delimitado. Así entonces, se procedió a distribuir estos contenidos y actividades en las diferentes sesiones del curso considerando dos factores: extensión y complejidad, asignando más carga horaria a aquellos contenidos con mayor complejidad conceptual y procedimental.

e) Diseño y elaboración de las actividades didácticas: cuando se hubo terminado la planeación didáctica, se procedió a recabar y elaborar los materiales necesarios para el curso, en su mayoría actividades de aprendizaje y de evaluación. Después de buscar en libros de texto y en recursos digitales se llegó a la conclusión de que no existen actividades adecuadas para un modelo didáctico como el propuesto, así que se procedió a diseñar y elaborar estas actividades en función de los objetivos, de los tipos de contenidos (figura 1) y del contexto del curso. Entre las actividades diseñadas sobresalen: crucigramas de letras y numéricos, relación de columnas, mapas conceptuales para completar,

identificación de errores en una lista de fórmulas, ordenar pasos de diferentes algoritmos, elaboración de redes semánticas, completar frases, resolución de problemas, completar tablas, entre otras.

Aun cuando se ha implementado la nueva metodología, sigue vigente el desafío por mejorar los índices de aprobación, y más allá de esto, las calificaciones finales de los participantes del curso como reflejo de una mejora en los aprendizajes y en las actitudes. Si bien, las diversas actividades realizadas en casa y en el aula permiten una evaluación continua del docente hacia el estudiante y de este último a sí mismo, en un principio no se logró darles el peso adecuado en la calificación final, por lo que la entrega de las mismas fue muy baja. Esto significa que se tiene que encontrar la manera justa de incorporar las actividades, asignándoles un peso en la calificación final al mismo tiempo que se motiva a los estudiantes a realizar las faenas con el objetivo de aprender.

Notas finales

Los resultados nos permiten avizorar el fuerte componente de la enseñanza tradicional presente en el desempeño de los alumnos de la UEA de TQ, en tanto el poco compromiso por parte de éstos, su costumbre por recibir la información por parte del docente y realizar un bajo esfuerzo por llevar a cabo las actividades de aprendizaje. Este fenómeno se hace evidente en el bajo índice de tareas entregadas durante el curso, las calificaciones de las mismas y los índices de aprobación. Si bien la metodología propuesta tuvo impacto en algunos participantes del curso, que al final obtuvieron una evaluación por encima del promedio y observaron un cambio de actitud hacia el curso, la mayoría de los asistentes mostraron resistencia al cambio de los roles en el proceso de enseñanza-aprendizaje; es decir, no asumieron su responsabilidad en la construcción de nuevos conocimientos.

Respecto a la metodología, es de valorar el

proceso intelectual que requiere la identificación de los diferentes tipos de conocimientos incluidos en los contenidos, y en consecuencia el diseño de las actividades de enseñanza-aprendizaje conservando su sentido constructivista.

Con el fin de llevar a cabo el diseño y la implementación de este tipo de metodologías de manera óptima y lograr los cambios esperados en los resultados académicos de los alumnos, es necesario evaluar el modelo didáctico y el desempeño de los participantes, pues a medida que se conozca el efecto y alcance de los mismos, se podrán mejorar el proceso y los recursos que los componen. Este ejercicio requerirá de la participación de un equipo de trabajo multidisciplinario dispuesto a colaborar de forma constante con el fin último de ayudar a los estudiantes en y para su formación profesional.

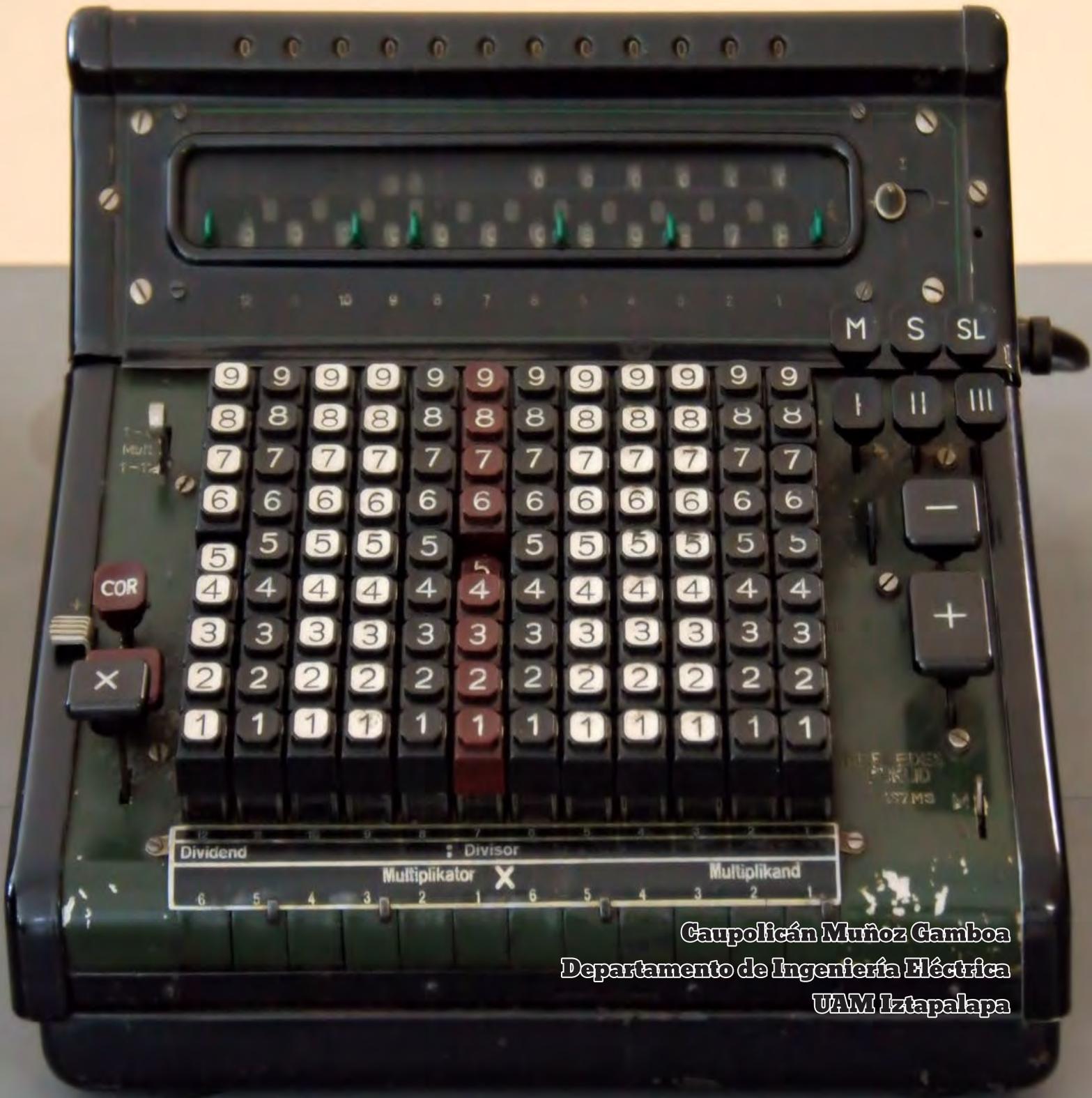
Referencias

- Bernheim, C. T. (2008). *Modelos Educativos y académicos*. Nicaragua: Editorial Hispamer.
- Coll, C. (2007). *Las competencias en la educación escolar: algo más que una moda y mucho menos que un remedio*. Recuperado el 3 de abril de 2018, de Organización de Estados Iberoamericanos. Para la educación, la Ciencia y la Cultura.:<http://www.oei.es/historico/noticias/spip.php?article2307>
- Medina Rivilla Antonio, F. S. (2009). *Didáctica General* (2 ed.). Madrid, España: Pearson Educación. Recuperado el 22 de Marzo de 2018, de <http://www.solucionesjoomla.com/quinta-descargas/Otros/Didactica%20General%20-%20PEARSON%20Prentice%20Hall.pdf>
- Mendoza, G. E. (Enero de 2007). *Sobre prácticas docentes, modelos educativos y evaluación*. Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de Ciencias Sociales y Humanidades. UAMAzcapotzalco.:<https://www.azc.uam.mx/socialesyhumanidades/03/reportes/eco/lec/vlec>

019.pdf

Zabala, A., & Laia., A. (2008). *11 ideas clave: Cómo aprender y enseñar competencias*. (2a ed.). Barcelona, España: Graó.

La Economía Desconocida



Caupolicán Muñoz Gamboa
Departamento de Ingeniería Eléctrica
UAM Iztapalapa

Resumen

En este trabajo se abordan aspectos poco conocidos de la economía, principalmente de México y del mundo occidental, sobre todo con el fin de divulgar algunos aspectos prácticos e históricos que tienen especial relevancia. Se analizan cuestiones como el encaje bancario, las comisiones de los vendedores, las millas o kilómetros volados, los puntos, las rebajas y liquidaciones, las monedas alternativas y la obsolescencia programada, entre otros temas.

Summary

This paper deals with some little known aspects of the economy, mainly in Mexico and the Western world, especially in order to make known some practical and historical aspects that have special relevance. Issues such as bank reserve requirements, dealer commissions, kilometers or miles flown, points, commercial rebates and settlements, alternative currencies and programmed obsolescence are analyzed, among other topics.

Introducción

La economía¹ no parece ser demasiado bien comprendida por la mayoría de la población, ya que los términos referentes a ella que se utilizan con mucha soltura en los medios de comunicación pueden confundir a cualquiera, como posiblemente nos habremos dado cuenta. Sin embargo, aunque se logre comprender en lo general, existe una serie de cuestiones sobre las cuales usualmente no se habla y sobre las que tampoco hay algún comentarista que los analice y, además, en ocasiones hay personajes muy interesados en que no se divulguen ni se comenten. Puede ser el lado más oscuro de la economía sobre el cual es conveniente reflexionar.

En apariencia, el dinero circulante se manifiesta como el centro de la economía pero, en realidad, es como la punta del témpano que sobresale del agua. Es lo que vemos, aunque exista otra parte mucho mayor que ignoramos. En este lado oscuro sobresalen las operaciones bancarias

que, aunque sean muy comunes, esconden diversas facetas como veremos. Otra cosa es la operación y las técnicas comerciales de las empresas que en el mundo de la libertad de mercado, comercio y producción, juegan un importante papel que va más allá de lo que creemos.

Los bancos

Como ya hemos comentado² la historia de la humanidad se ha desarrollado en gran parte en función del comercio. Lo cual trae aparejado el dinero en forma de oro, monedas o billetes de banco³, la producción y la distribución de los insumos, el consumo de la población en general, la fluctuación del valor de las mercancías que dependen de la oferta y la demanda, las unidades de medición como el metro y el kilogramo, entre otras cuestiones. A pesar de que este panorama no ha cambiado demasiado, no hay que desconocer que en la actualidad nuestra situación ha sufrido diversos cambios, como los actuales documentos que representan dinero, entre los que se cuentan los cheques, las tarjetas de débito y crédito, los pagarés, las letras de cambio, entre otros mecanismos, todo lo cual ha dado lugar a los bancos.

En este universo, estas instituciones y los particulares mantienen cuentas en las cuales reciben depósitos de empresas, así como de personas comunes y corrientes, los que pueden ser a corto, a mediano y a largo plazo, por lo que disponen del dinero de sus cuentahabientes, aunque sea por un solo día. Con estos fondos y con el capital propio del que tienen que disponer, no solo financian el costo de su operación, sino que también realizan préstamos a otros clientes para que realicen sus proyectos personales o productivos. En consecuencia, el dinero total existente se multiplica, ya que si sumamos los préstamos otorgados y los depósitos realizados, el resultado resulta ser superior a todo el dinero que habría, pudiendo en un caso extremo llegar a ser el doble, si el banco prestara todo lo que dispone. Por tal razón, si el banco prestara todos los depósitos resulta que los ahorradores se

¹ Según el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE): "Del latín *oeconomia*, y este del griego *oikonomia*. Ciencia que estudia los métodos más eficaces para satisfacer las necesidades humanas materiales mediante el empleo de bienes escasos". El DRAE incluye en total siete acepciones que hacen énfasis en conceptos como administración, ahorro, beneficios, bienes, distribución de recursos, gastos, necesidades humanas, recursos, reducción de gastos, riqueza, servicios y trabajo, al mismo tiempo que agrega variantes que comprenden, por ejemplo, economía cerrada, de escala, de mercado, dirigida y subterránea, entre otras.

² C. Muñoz Gamboa. Cuestiones de la economía. *Contacto* 68, 63-69 (2008).

³ Aunque en unos pocos lugares apartados de nuestro mundo los lugareños todavía practican el trueque. En este sentido, tanto la tienda Gran Trueque en Quito, como el Mercado de la Plaza de Armas de Chinchero, en el Valle Sagrado cerca de Cusco en Perú, son casos notables. Sobre este tema existió, además, una serie de televisión del tipo "reality show" en la cual los protagonistas lucraban con el trueque, obteniendo grandes ganancias.

encontrarían ante la imposibilidad de retirar sus fondos. Esto es lo que justifica el encaje legal o encaje bancario, que es un porcentaje de los fondos que tienen que disponer los bancos, el que sirve (entre otras cosas) para limitar legalmente el monto máximo total de los préstamos que pueden realizar con el dinero que mantienen en arcas, tanto de sus clientes, como de su propio capital.

Como es natural, toda institución comercial ha sido creada para obtener ganancias, de modo que los bancos pueden pagar intereses a sus cuentahabientes por el dinero depositado y, muy importante, cobrar intereses a sus deudores. Pero siempre los intereses pagados serán inferiores a los cobrados, porque de esa diferencia y del cobro de comisiones por el uso de sus servicios, los bancos obtienen una ganancia y pueden financiar sus operaciones. Como se sabe, de igual forma, el cambio de divisas tiene dos valores: el precio al cual el banco y otras instituciones venden una moneda y la cantidad a la cual la compran, que siempre es inferior. Asimismo, cuando un comercio acepta el pago con tarjeta de crédito el banco descuenta un porcentaje del total que paga el usuario de la tarjeta por el manejo de estas operaciones, lo cual ocurre para muchas otras actividades financieras.

Los comercios

El comercio, por otra parte, utiliza los bancos no solo para depositar el flujo de capital diario que obtiene con sus operaciones, sino que también puede ser sujeto de crédito para expandirse, generar nuevos proyectos o simplemente para financiarse en un momento dado. Además, en el caso de las grandes empresas, suelen emitir acciones y cotizar en la bolsa, pero estas no son las únicas fuentes de manejo de recursos, ya que muchas empresas utilizan diversos mecanismos (llamados "*de fidelidad*") para conservar su clientela y garantizar que continúe consumiendo sus productos. Algunos de estos mecanismos son las comisiones, los puntos, las millas o kilómetros y el dinero electrónico, entre otros.

Suele ser común que los vendedores reciban una comisión por sus ventas para incentivar las compras de sus consumidores. En ocasiones por determinadas compras algunas empresas otorgan al comprador bonos denominados "*puntos*" con los cuales el cliente puede comprar a más bajo costo o simplemente redimiendo estos puntos en dinero, aunque también son usuales las millas o kilómetros volados que sirven un propósito similar en las compañías aéreas, así como el "*dinero electrónico*" que solo tiene validez en la empresa que lo otorga. Todo lo anterior puede resumirse como un mecanismo que utilizan las empresas para premiar la fidelidad del cliente y a través de ello ver prosperar sus negocios.

Mecanismos de fidelidad

En nuestro universo occidental y de mercado libre resulta interesante comprobar que es más fácil producir que vender. Por esa razón, uno no debe sorprenderse cuando un vendedor de cierta firma tiene ingresos elevados, ya que esto resulta porque su trabajo es, precisamente, lograr la parte más difícil de la producción, que es la venta. Por eso su ingreso se compone de comisiones, primas o estímulos diversos que solo dependerán de su capacidad de negociación con los potenciales compradores.

Adicionalmente, desde hace algún tiempo han aparecido diversos mecanismos de aseguramiento de la clientela o de expansión del núcleo de consumidores de muchos productos, como los mencionados en el párrafo anterior. No solamente se trata de rebajas, remates, descuentos u oportunidades, sino que a veces las costumbres mercantiles son algo diferentes. Por ejemplo, las empresas productivas deben actualizarse fabricando productos innovadores, pero previamente deben vaciar sus bodegas e inventarios para hacer espacio para ellos, por lo que algunos productos, especialmente electrónicos, se suelen vender muy baratos a los compradores de menores ingresos cuando se descontinúan porque, cuando aparece el producto mejorado, hay que permitir que los

potenciales compradores de mayor ingreso renueven sus equipos. Por ejemplo, las compañías de telefonía celular suelen vender no solo la capacidad de enlace, sino que pueden incluir el propio aparato ya que llegan a ofrecer que el usuario lo cambie por el más moderno por un módico precio o como complemento de un paquete de fidelidad.

Y hablando de paquetes, a veces se suele incluir como un "paquete" a algunos productos que al comprador no siempre le interesan, pero en estos casos suele no tener alternativa, ni puede escoger a su gusto. El caso más representativo se refiere a la televisión de paga, ya que se llega a incluir en el contrato a más de una decena de canales que no siempre son utilizados por el usuario. En tal sentido, ciertos servicios no se ofrecen aislados, sino que se manejan como "producto" lo que suele incluir determinados "complementos" adicionales por un costo global. Eso tiene el efecto de que, por ejemplo, en apariencia puede resultar más económico contratar la telefonía, la televisión de paga e internet como un paquete, que hacerlo en forma separada. Obviamente, como por separado se ofrecen a mayor precio, las compañías lo hacen así para forzar al cliente a contratar todos los servicios solo con ellos en lugar de hacerlo con varios proveedores, lo que minimiza la competencia.

Otros mecanismos de fidelidad

También sucede que las compañías aéreas no solamente utilizan la estrategia de premiar a los pasajeros frecuentes, permitiéndoles realizar vuelos a más bajo costo con sus kilómetros o millas voladas, sino que también aplican otras estrategias de mercadotecnia menos conocidas. Cuando un vuelo está sobrevendido, suelen ofrecer *dólares de la compañía*, o bien, *dinero a futuro* e incluso boletos para que algunos pasajeros no aborden voluntariamente el vuelo que han comprado. Aunque no sea de dominio público, usualmente la sobreventa es a propósito y regularmente el dinero ofrecido no es en efectivo, ya que sólo sirve para realizar compras

futuras en la misma compañía, en tanto que los boletos ofrecidos normalmente tienen restricciones para su uso, como que están sujetos a espacio o tienen una fecha próxima de vencimiento.

Por estas razones, para lograr que los aviones vuelen siempre llenos, suelen recurrir a la práctica de vender más baratos los vuelos que se compran con mucha anticipación para asegurar que el vuelo va a realizarse con un mínimo de pasajeros. Con esta estrategia puede resultar que los comprados a última hora resulten ser muy caros (cuando hay mucha demanda) o muy económicos (cuando el vuelo no se llena). Además, algunas compañías y diversas agencias de viajes, particularmente por internet, venden hospedajes en hoteles y boletos de avión no reembolsables, por lo que si por alguna razón el usuario no puede utilizarlos, pierde el monto de la compra como si se tratara de bienes perecederos o de plazas tipo *chárter*⁴ dentro de un vuelo comercial. Asimismo, pueden sobrevender los vuelos a propósito ya que estadísticamente hay pasajeros que no se presentan (lo que se conoce como *no show*).

Sin embargo, cuando todos los pasajeros se presentan a tiempo en un vuelo sobrevendido y la compañía no puede convencer a alguien para que no lo aborde voluntariamente, le resultará más rentable indemnizar al pasajero o pagarle hospedaje y alimentación, lo que puede considerarse simplemente como un soborno forzoso. Sorprendentemente esto también puede ocurrir cuando el espacio de carga del avión se ve reducido porque ese vuelo tiene que transportar mercancías perecederas, importantes o bajo contrato de entrega. A las líneas aéreas les resulta más conveniente no transportar el equipaje de algunos usuarios y ofrecer posteriormente disculpas o indemnizaciones por los equipajes supuestamente extraviados o retrasados.

Dinero alternativo

Posiblemente éstas sean algunas de las razones

⁴ Vuelo contratado para un viaje especial, por lo que el boleto no puede ser reembolsado.

por las cuales en varios países diversas comunidades han creado *monedas sociales* o *comunitarias*. Se trata de mecanismos de intercambio local que sustituyen el trueque tradicional, muchos de los cuales se encuentran en uso desde el siglo pasado.

Son instrumentos muy similares a las monedas oficiales y en ciertos casos han llegado a recibir el aval del estado o son aceptadas en determinados bancos comerciales, porque pueden tener equivalencia con la moneda oficial. Una de las primeras iniciativas en este sentido nació en Estados Unidos con la intención de usar el tiempo de trabajo como unidad de cambio en lugar del dinero, de la que se generó el *Time Dollar* (Dólar de Tiempo) y se acuñó el concepto de *Time Bank* (Banco de Tiempo), ya que la idea era que una hora de trabajo de cualquier tipo debía valer siempre un dólar, para promover las relaciones de intercambio igualitarias.

Algunos ejemplos de las monedas alternativas que están o han estado en vigencia son el Chiemgauer de Alemania (figura 1), los Eco Iris de Bélgica (figura 2), la Lionza de Venezuela (figura 3), el Túmin de Veracruz (figura 4), o el Ithaca Hours de Nueva York. En Brasil, el Banco Central ha reconocido diversas monedas comunitarias como el Sampaio.

Aunque no siempre en forma de billetes y muchas veces en forma de créditos, algunas de estas monedas constituyen verdaderos sistemas en varios países, como los LETS (Local Exchange Trading System o Local Employment and Trading System, en Canadá), y Local Energy Transfer System, en Australia.

En Ecuador se denominan Grupos Ecosimia, en Japón existe el Fureai Kippu, en Sudáfrica se llaman Community Exchange Systems (CES), aunque también existen agrupaciones de este tipo y monedas comunitarias en diversos países.



Fig. 1 Chiemgauer Alemania



Fig. 2 Lionza Venezuela



Fig. 3 Eco iris Bélgica



Fig. 4 Vales Pulpería y Hacienda

De acuerdo con los promotores de estos sistemas, éstos pueden fomentar la creación de empleos, incrementar la solidaridad del grupo social, estimular la economía local, promover las actividades culturales y sociales, favoreciendo a los pequeños empresarios y comerciantes. Además no generan intereses y pueden conservar su poder adquisitivo mejor que la moneda oficial. Su principal desventaja es que si se acumulan en exceso puede que no se encuentre quien los acepte en esa magnitud.

Adicionalmente, como las transacciones en internet podían ser objeto de fraudes, robo de identidad y otros problemas asociados al universo cibernético, en los últimos años han surgido tímidamente tarjetas con límites específicos de cargos, para evitar que las pérdidas sean muy grandes. Esta situación ha dado lugar a la moneda electrónica llamada "bitcoin"⁵. Resistida inicialmente por los gobiernos y bancos oficiales, ha ido avanzando lentamente como una moneda efectiva que con altibajos cada vez está siendo más utilizada en las transacciones en línea y, ocasionalmente, fuera de ella (figura 5).



Fig. 5 Bitcoin

Los bienes de consumo

Durante gran parte del siglo pasado se suponía que cualquier bien de consumo que las personas compraban debía durar toda la vida o, en su defecto, mucho tiempo. En la actualidad podemos comprobar que prácticamente todos los productos comerciales tienen una corta vida útil, a pesar del avance de la tecnología. Esto nos hace pensar, por ejemplo, que mientras algunos

automóviles antiguos todavía circulan por las calles, los vehículos actuales parecen poder ser útiles sólo unos cuantos años. Por ello, parece necesario reflexionar más profundamente sobre la duración de los actuales bienes de consumo, ya que es bueno recordar que los circuitos electrónicos, especialmente los circuitos integrados, son fabricados con una tecnología que asegura su funcionamiento correcto durante cientos o miles de años (los expertos afirman inclusive que podrían ser millones de años).

Sin embargo, resulta que muchos aparatos electrónicos actuales caen en la obsolescencia o dejan de funcionar adecuadamente al cabo de un tiempo demasiado corto o, en su defecto, no se consiguen las partes o refacciones correctas para mantenerlo en operación. Por el contrario, algunos antiguos dispositivos completamente mecánicos, como el cilindro fonográfico, o que no son completamente electrónicos como la victrola de discos de goma-laca de 78 rpm, todavía operan como antes a pesar de que han sido discontinuados, que los cilindros y los discos son muy frágiles, que se requiere cambiar las agujas cada cierto tiempo, que ya no se consiguen nuevas grabaciones, etc. ¿Qué ha ocurrido para que con el progreso del ser humano, de la tecnología y de la industria no se produzcan bienes de consumo realmente duraderos? Gran parte de la respuesta consiste en que para mantener la producción operando adecuadamente se requiere que el usuario vuelva a comprar el bien "obsoleto".

Como se sabe, no solamente los aparatos electrónicos tienen una corta duración, también ocurre lo mismo con los artefactos domésticos, del mismo modo los automóviles dejan de ser útiles al poco tiempo, los artículos se discontinúan, la ropa cambia rápidamente con la moda o su calidad la hace descartable, muchos artículos son desechados a corto plazo y, lo que es más sorprendente, los sistemas de cómputo domésticos, de escritorio o portátiles comienzan a trabajar cada vez más lentamente hasta que se hace necesario reformatearlos o cambiarlos por otros más nuevos. El ejemplo más reciente se

⁵ Sobre esta moneda hay mucha información en Internet y muy poca impresa en libros. Algunos sitios que aún están vigentes son: <https://bitcoin.org/en/> (inglés), y <https://bitcoin.org/es/> (español). Consultados el 30 de octubre de 2017.

refiere al sistema operativo Windows XP, el que durante años fue muy popular, ya que la empresa Microsoft anunció su decisión de abandonarlo dejando de darle mantenimiento para convertirlo en obsoleto. Resulta obvio que esta estrategia tiene como propósito que los usuarios de este sistema operativo "migren" a los nuevos desarrollos de la misma empresa.

Obsolescencia programada

En apariencia, parece ocurrir que las firmas que producen bienes de consumo de uso general los diseñan ex profeso para que dejen de operar eficientemente en corto plazo, lo que se conoce como diseño para una obsolescencia rápida u obsolescencia programada. En el caso de la electrónica se sabe que los circuitos son cada vez más pequeños, más rápidos, tienen mayor capacidad, son más seguros y el sistema operativo de cualquier PC, Desktop, Laptop, Notebook o computadora de uso general prácticamente no ha cambiado desde que comenzó a operar la primera computadora electrónica de propósito general, la muy famosa ENIAC⁶ en 1946, sin embargo, su velocidad de trabajo se ha multiplicado. La ENIAC podía realizar diferentes operaciones aritméticas con un reloj interno de 100 kHz y un ciclo de trabajo de 200 microsegundos, velocidad con la que podía realizar 5000 sumas/restas o 357 multiplicaciones por segundo. En la actualidad cualquier sistema doméstico puede tener un reloj interno de 2 GHz o más, con un ciclo de trabajo de 0.5 nanosegundos (0.5×10^{-9} segundos) lo que significa que puede trabajar a una velocidad de cuando menos 400 mil veces superior. No obstante, a pesar de la gran cantidad de operaciones que puede realizar en un segundo, en ocasiones suelen tardar demasiado tiempo en encenderse, en responder a una instrucción, o en apagarse, lo que necesariamente implica que posiblemente está realizando tareas que le consumen la casi totalidad de sus recursos o, bien, que son poco útiles.

Como esta situación se ve agravada después de

algún tiempo, cabe hacerse la pregunta si no se trata de un mal diseño del sistema operativo que dedica tiempo útil ejecutando rutinas innecesarias o se enreda al realizar determinadas operaciones de rutina. Pensando más negativamente también es posible imaginar que se trata de una estrategia de obsolescencia programada del fabricante para que desechemos el aparato actual y lo cambiemos por otro nuevo, como si se tratase de estar siempre con la última tecnología. Algo similar es lo que ocurre con los automóviles, los electrodomésticos y muchos otros aparatos de uso general, como la experiencia nos lo ha enseñado. De hecho, algunos de los más recientes dispositivos electrónicos que se producen en Japón, incluyendo algunos que apenas están siendo comercializados en muchos países, son rematados en casas especializadas a precios increíblemente bajos. Esto se debe seguramente a que los productores tienen la necesidad de limpiar sus inventarios para dar paso a los nuevos productos, estrategia que logra buenos resultados, aunque al usuario le deje la sensación de que está comprando algo moderno, pero ya discontinuado. Un fenómeno similar se produce en muchos países donde, por ejemplo, las propias empresas telefónicas se encargan de sustituir los aparatos celulares *sin costo para el usuario* a través de diversos planes de contratación, lo que significa que al contratarlos el cliente se asegura de tener a mano siempre la última tecnología, al mismo tiempo que la empresa tiene la garantía de que el aparato usado se descarte y el usuario compre uno nuevo prácticamente sin darse cuenta.

Todo indica que la razón de este asunto radica en que el desarrollo de la tecnología hace cada vez más económico y fácil producir los bienes de consumo, pero el mercado tiende a saturarse con gran facilidad. Esto implica que mientras más sencillo es producir, al mismo tiempo es más difícil vender, lo que constituye un obstáculo serio para la salida de los productos. Esta puede ser la razón principal para que existan *baratas, descuentos, meses sin intereses, compre ahora y*

⁶ ENIAC es un acrónimo de Electronic Numerical Integrator and Computer (Computadora e Integradora Numérica Electrónica), desarrollada en los años 40 del siglo pasado, a la que se le atribuye ser la primera en su género.

pague después, créditos al consumo, liquidaciones, remates, pagos 'chiquitos' y demás facilidades que actualmente existen para comprar.

Todo lo anterior se encuentra unido con la enorme estructura disponible integrada por empresas productoras, distribuidores, publicidad en los medios de comunicación, centros comerciales, vendedores y bancos. Adicionalmente, muchas veces el crédito obtenido a un determinado plazo implica que al terminar de pagarlo se requiera cambiar el bien adquirido con el crédito por otro nuevo, por lo que la moda, lo descartable y la rápida caducidad de muchos productos contribuyen en forma muy importante a este proceso.

Finalmente, en la misma dirección, el comercio se ha encargado de persuadir a los consumidores a celebrar aniversarios, cumpleaños, días especiales, así como tantos otros pretextos para desahogar sus inventarios. Tal vez por estas razones, al sistema económico del mundo moderno le conviene sobremanera que todos los bienes de consumo sean diseñados para que tengan rápida obsolescencia y dejen de ser útiles en corto tiempo, para que además todo se haga con créditos. Así, se podrá continuar produciendo artículos a gran velocidad, y también se obtendrán ganancias no sólo por las ventas de los efímeros bienes de consumo o por los servicios prestados, sino también por los intereses que devengarán los créditos y por el incremento de las ventas que se obtendrán con ellos.

Esclavitud y economía moderna

Aunque no se mencione a menudo, ni aparezca con frecuencia en los libros, por lo que la mayoría de las personas lo ignoran, no cabe duda que uno de los sistemas económicos más eficientes, sino el que más, es la esclavitud. No puede ser de otra manera, porque en una sociedad esclavista no hay sindicatos, no se respetan los derechos humanos, el salario de los esclavos o "*trabajadores*" es inexistente o

ínfimo, no existe jornada laboral, no hay seguridad social y tampoco muchos días de descanso, entre otras cosas.

Tal sociedad no es arbitraria, ya que se construye sobre una base económica y sobre la condición del esclavo. De hecho y a grandes rasgos, debe haber una primera clase gobernante cuya función es disponer del poder político, impedir cualquier cambio y disfrutar de sus privilegios, una segunda clase dirigente o de capataces que debe ordenar y dirigir la fuerza laboral a cualquier costo y una tercera clase social desprovista de todos los derechos, cuya función es obedecer, trabajar y producir. En esta estructura, podemos reconocer tanto al político conservador, como al amo, al capataz y al esclavo. La guerra de secesión de Estados Unidos se libró básicamente debido a que los estados del sur no estaban de acuerdo con la abolición, mientras que los del norte la apoyaban porque no tenían ese tipo de estructura económica.

La sociedad esclavista, aunque puede ser muy eficiente, no es económicamente perfecta porque la fuerza laboral no tiene que ser preparada, al mismo tiempo que la clase dirigente solo disfruta de sus privilegios, descansando sobre la producción, lo que impide el progreso porque dicha producción no es calificada, ni puede llegar a serlo. Por lo tanto, se encontrará limitada a una producción agrícola, minera y posiblemente algo más; en otras palabras, estará estancada.

En cuanto a los mecanismos modernos y las formas que adquiere nuestra economía, resulta que el progreso requiere de una fuerza laboral preparada, los medios de producción se tecnifican cada vez más, al mismo tiempo que se ha generado un mercado más exigente porque demanda muchos más productos que simplemente los que provienen de la agricultura. Por tales razones, la estructura económica esclavista primitiva no tiene gran cabida en la actualidad. Sin embargo, aunque oficialmente

no exista la esclavitud, muchas de esas costumbres pueden parecernos muy conocidas, aunque modernizadas.

De hecho, no puede negarse que los dueños de los medios de producción y los políticos suelen asociarse para sostener el *status quo* y disponer en esa forma del poder y del dinero, ecuación en la que entran el Estado, los aparatos y mecanismos de aplicación de la justicia, así como las estructuras policiales del mismo. La producción necesita además, de administradores y encargados que conforman una clase que la ordene y maneje, especialmente a empleados y obreros que constituyen la fuerza laboral. Aunque existan diversos matices en cada uno de estos tres niveles, además de otros integrantes de la sociedad que mantienen cierta independencia de esta estructura, todo indica que se trata de una nueva forma de esclavitud actualizada, más compleja, modernizada y barnizada con una capa de libertad y de igualdad, aunque el esclavo moderno tenga muchas ventajas con respecto a su símil histórico, por lo que generalmente no se da cuenta de ello.

De hecho, en nuestra América debe recordarse que para llegar a nuestros días se pasó por los *vales de la hacienda y la tienda de raya*⁷, donde los trabajadores agrícolas y mineros dejaban gran parte de su salario y a veces adquirían deudas impagables, nuevamente en manos de los dueños (figura 6). Estos fijaban el valor del trabajo y también el valor de los bienes de consumo, cerrando el círculo, y con esta táctica podían mantener su predominio. Hoy, una empresa paga a sus trabajadores por su labor, los que van a gastar su salario en otras empresas, las que a veces pueden pertenecer al mismo patrón a través de consorcios o grupos empresariales, lo que constituye una buena ironía. Aunque exista mayor libertad, diversidad y las leyes hayan suavizado el trato entre particulares, la estructura de la economía moderna es muy similar a la antigua esclavitud, aunque actualizada, corregida, diversificada y muy maquillada.

Conclusiones

En cualquier sistema económico hay diferentes actores que incluyen básicamente a los productores, los comerciantes y los consumidores. Aunque en apariencia estos actores se comportan de manera muy adecuada, en la práctica existen algunos desequilibrios. Estos se deben a que como se ha mencionado, es más fácil producir que vender, lo que trae un constante enfrentamiento entre vendedor (producción) y comprador (consumidor), por lo que se ha desarrollado una infinidad de mecanismos orientados a promover el consumo y a producir artículos con poca duración (obsolescencia). Dentro de estos esquemas entran los bancos, las formas de manejo del dinero, el dinero alternativo, el patrón y el trabajador. En esta situación, el asalariado se convierte en un moderno esclavo (de la producción) que depende de su salario para comprar (es consumidor) lo que le ofrece el mercado (los comerciantes y vendedores), por lo que en una estructura de clases sociales su participación depende siempre de los otros actores, ya que sus ingresos y los precios de los bienes que consumen siempre están definidos por otros. Por ello, aunque en apariencia el mercado es completamente libre, resulta que está gobernado por políticos, productores y comerciantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Binmore, Ken (2007) *Game Theory: A Very Short Introduction*. Oxford University Press Inc. Nueva York, NY.
2. Fishbein, Mike (2014) *Bitcoin 101: The Ultimate Guide to Bitcoin for Beginners: Bitcoin Market, Cryptocurrency and Bitcoin Basics*. Amazon Digital Services, Inc. Kindle edition.
3. Flynn, Sean M. (2005) *Economics for Dummies*. Wiley Publishing, Inc. Indianapolis, IN.
4. Jacob Jeffrey, Merlin Brinkerhoff, Emily

⁷ Las tiendas de raya, que tuvieron gran auge en México a finales del siglo XIX y principios del XX, eran propiedad de los patrones de las empresas mineras o agrícolas, donde los obreros y campesinos eran obligados a comprar a precios exorbitantes o con vales a costa de altos intereses que les impedían saldar la cuenta. Estas tiendas no eran muy distintas de las que existieron en países de Centroamérica, Sudamérica, o en Estados Unidos, Inglaterra o Francia.

- Jovic y Gerald Wheatley (2004) *The Social and Cultural Capital of Community Currency: An Ithaca HOURS Case Study Survey*. International Journal of Community Currency Research. Vol 8.
5. Kallstrom, Leo (2014) *Bitcoin Step by Step for Beginners: How to Invest and Profit from Bitcoin Today (Bitcoin Beginners)*. Amazon Mexico Services, Inc. Kindle edition.
6. Kurt, Hans (1963) *Historia del dinero*. Ferma. Colección Popular N° 13. Barcelona.
7. Lang, Peter (1994). *LETS Work: Rebuilding the Local Economy*. Grover Books. Bristol, UK.
8. Lietaer, Bernard (2003) *Complementary Currencies in Japan Today: History, Originality and Relevance*. International Journal of Complementary Currency Research. Vol 8.
9. Mendieta, Marcelo (2001) *El soborno: La historia que nadie contó*. Editorial Plus Ultra. Colección Esquemas Políticos. Buenos Aires.
10. Nicholas Taleb, Nassim (2004) *Fooled by Randomness: The Hidden Role of Chance in Life and in the Markets*. Texere. Londres, UK.
11. Parker, Philip M. (editor) (2009) *Salary: Webster's Timeline History, 396 BC - 2007*. ICON Group International, Inc. San Diego, CA.
12. Pedneault, Stephen (2009) *Fraud 101: Techniques and Strategies for Understanding Fraud*. 3a edición. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ.
13. Sowell, Thomas (2007) *Basic Economics: A Common Sense Guide to the Economy*. Basic Books. 3a edición. Nueva York, NY.
14. Tyler Justin (2014) *Bitcoin: A Super Guide to Buying, Selling, Mining, and Investing on Bitcoins*. Justin Tyler. Kindle edition.
15. Weatherford, Jack (1999) *The History of Money*. Three Rivers Press. Nueva York, NY.





