



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**“SISTEMAS DE VACUNACIÓN Y PREVENCIÓN DE
ENFERMEDADES COMO MEDIO DE
PACIFICACIÓN”**

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO**

PRESENTA

RICARDO BENJAMÍN RODRÍGUEZ ROMO



MÉXICO, D.F. A 06 DE FEBRERO DE 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: Q. Benjamín Ruíz Loyola
VOCAL: Profesor: M. en C. José Manuel Méndez Stivalet
SECRETARIO: Profesor: Q. María Kenia Zamora Rosete
1er. SUPLENTE: Profesor: M. en C. Alfonso Mieres Hermosillo
2° SUPLENTE: Profesor: IQ. Elisa Fabila Montoya

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

**AV. UNIVERSIDAD 3000, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, CIUDAD
UNIVERSITARIA, DELEGACIÓN COYOACÁN, DISTRITO FEDERAL, 04510.**

ASESOR DEL TEMA:

Q. Benjamín Ruíz Loyola

SUPERVISOR TÉCNICO (Si lo hay):

No Aplica

SUSTENTANTE (S):

Ricardo Benjamín Rodríguez Romo

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
La Paz	7
Derechos Humanos	10
DESARROLLO	16
Ciencia y Guerra.....	16
Ciencia, Tecnología y Sociedad	20
Historia y Salud	25
La Salud y su Promoción.....	36
Enfermedades Epidemiológicas	43
Cólera	43
Difteria.....	45
Ébola.....	46
Hepatitis	48
Malaria (Paludismo)	50
Meningitis.....	52
Tétanos	53
Tuberculosis.....	55
VIH.....	57
Viruela.....	58
Sistema Inmunológico y Vacunas	60
Desarrollo Tecnológico de Vacunas	66
Cobertura Vacunal.....	79
Procuración Vacunal	85
Controversias y Vacunación.....	89
CONCLUSIÓN	95
REFERENCIAS	99

INTRODUCCIÓN

La Paz

Hablar de paz es entrar en terreno fértil, frondoso y peligroso. El tema es tan amplio y diverso que daría oportunidad hasta a la persona más tímida y retraída a terminar con todos esos silencios incómodos en cenas familiares, entablar una acalorada plática en el primer encuentro con la familia política con quien se está a punto de emparentar e incluso hacerle levantar la voz contra otros al intentar defender sus puntos de vista respecto al tema.



Imagen 1. Paloma como símbolo de paz (Fuente: Orble)

El concepto de “*paz*” existe en todas las lenguas y culturas del mundo, denotando la importancia que tiene en el actual modelo de sociedades de la humanidad. Se considera que surge a la par con el estado civilizado de las sociedades, contrario al salvajismo y barbarie que imperó en tiempos antiguos. Este mismo contexto dado como el propio origen de la paz, denota su conceptualización únicamente como la ausencia de conflicto, violencia o guerra.¹

Hablando de la *paz* en un concepto más social podemos definirla como el entendimiento y las buenas relaciones entre los grupos, clases o estratos sociales dentro de una misma sociedad, lo que permite que todas las partes de ésta permanezcan en equilibrio y estabilidad.

¹ Definición del término “*Paz*” en el Diccionario de la Real Academia Española.

A pesar de que esta definición es ciertamente considerada como utópica, es un anhelo del humano como un fin y meta a alcanzar; el bienestar, el bien ser y el bien convivir.

La *irenología*, término derivado de los griegos *Ειρήνη* (*eirene*) – paz y *λόγος* (*logos*) – estudio o tratado; es la disciplina académica y rama de las ciencias políticas y sociológicas que se ocupa del estudio multifactorial de los conflictos internacionales y las amenazas a la paz. Entre los factores que la irenología considera influyentes sobre la paz, destacan:

- Factores Políticos
- Factores Económicos
- Factores Sociales
- Factores Ecológicos
- Factores Culturales
- Factores Antropológicos
- Factores Psicológicos



Imagen 2. Guerra de Vietnam
(Fuente: Art Greenspon/Ass. Press)

Es por ello que la irenología nos permite ampliar mucho más el concepto propio de la *paz*, no considerándola únicamente como la ausencia de la guerra o conflicto, sino como todo un concepto positivo que engloba en sí mismo la justicia, el desarrollo económico, político y social equilibrados; el conocimiento y el respeto entre sociedades y naciones; la ausencia de cualquier factor que contribuya a la desigualdad como son la violencia, la pobreza, el racismo, la xenofobia o el prejuicio.

En el artículo de titulado “Paz social, paz humana” para la publicación *Balance y Perspectiva*, de Emilia Currás, la autora menciona que: “Todos tenemos los mismos derechos y obligaciones frente a la vida, la familia, la sociedad, la religión. Pero no todos tenemos las mismas capacidades, ni las mismas posibilidades”.²

Sin embargo, todos tenemos el derecho de contar con un ambiente en dónde desarrollarnos como individuos.

² Currás, E. “**Paz social, paz humana**”. *Balance y Perspectiva*. Junio-Septiembre. España, 1996.



Lo anterior suena relativamente sencillo, sin embargo el contar con un ambiente propicio que favorezca nuestro propio desarrollo como individuos implica una larguísima lista de necesidades que deberán ser satisfechas para permitir y promover el desarrollo de todos los individuos de una sociedad. He aquí donde convergen los temas de paz y el derecho internacional referente a las garantías individuales a las que cualquier ser humano en cualquier parte del mundo debe poder tener acceso.

Derechos Humanos

Al hablar de derechos humanos, debemos primeramente referenciarlos a la **Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDH)**, la cual surge como medida del restablecimiento de la paz universal después de terminada la segunda guerra mundial en el año de 1946. Con su creación, la comunidad internacional se comprometió a no permitir nunca más atrocidades como las sucedidas en los conflictos armados y garantizar una ruta de acceso a los derechos de todas las personas en cualquier lugar y en todo momento³.



Human Rights

Imagen 3. Imagen de representación de los Derechos humanos
(Fuente: ONU)

La **Declaración Universal de Derechos Humanos (DUDH)** es considerada el fundamento de las normas internacionales en materia de derechos humanos. Supone el primer reconocimiento universal de que los **derechos básicos** y las **libertades fundamentales** son inherentes a todos los seres humanos, inalienables y aplicables en igual medida a todas las personas, y que todos y cada uno de nosotros hemos nacido libres y con igualdad de dignidad y de derechos. Independientemente de nuestra nacionalidad, lugar de residencia, género, origen nacional o étnico, color de piel, religión, idioma o cualquier otra condición.

La Declaración Universal de Derechos Humanos (DUDH) comenzó a redactarse en septiembre del año de 1948 con una participación de 50 estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) fungiendo como redactores finales del documento; con **Eleanor Roosevelt**, viuda del finado expresidente estadounidense Franklin D. Roosevelt presidiendo el **Comité de Redacción de la DUDH**.

³ **Historia de la redacción de la Declaración Universal de Derechos Humanos.** Organización de las Naciones Unidas. Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas, 2012.



El 10 de diciembre de 1948, la Asamblea General reunida en París, aprobó la Declaración Universal de Derechos Humanos con treinta artículos considerados esenciales para el adecuado desarrollo social de las personas en cualquier parte del mundo, cualquier situación social, geográfica y cultural.

Los artículos plasmados en la DUDH son:

- Artículo 1** Todos los seres humanos nacen **libres e iguales** en dignidad y derechos y, dotados como están de razón y conciencia, deben comportarse fraternalmente los unos con los otros.
- Artículo 2** Toda persona tiene todos los **derechos y libertades** proclamados en esta Declaración, **sin distinción** alguna de raza, color, sexo, idioma, religión, opinión política o de cualquier otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición. Además, no se hará **distinción** alguna fundada en la condición política, jurídica o internacional del país o territorio de cuya jurisdicción dependa una persona, tanto si se trata de un país independiente, como de un territorio bajo administración fiduciaria, no autónomo o sometido a cualquier otra limitación de soberanía.
- Artículo 3** Todo individuo tiene derecho a la **vida**, a la **libertad** y a la **seguridad** de su persona.
- Artículo 4** Nadie estará sometido a **esclavitud** ni a **servidumbre**, la esclavitud y la trata de esclavos están prohibidas en todas sus formas.
- Artículo 5** Nadie será sometido a **torturas** ni a penas o **tratos crueles, inhumanos o degradantes**.
- Artículo 6** Todo ser humano tiene derecho, en todas partes, al reconocimiento de su **personalidad jurídica**.
- Artículo 7** Todos son **iguales ante la ley** y tienen, sin distinción, derecho a igual **protección** de la ley.
Todos tienen derecho a igual protección contra toda **discriminación** que infrinja esta Declaración y contra toda provocación a tal discriminación.
- Artículo 8** Toda persona tiene derecho a un **recurso efectivo** ante los **tribunales nacionales** competentes, que la ampare contra actos que violen sus derechos fundamentales reconocidos por la constitución o por la ley.
- Artículo 9** Nadie podrá ser **arbitrariamente detenido, preso ni desterrado**.
- Artículo 10** Toda persona tiene derecho, en condiciones de plena igualdad, a ser **oída públicamente** y con justicia por un tribunal independiente e imparcial, para la determinación de sus derechos y obligaciones o para el examen de cualquier **acusación** contra ella en **materia penal**.



- Artículo 11** Toda persona acusada de **delito** tiene derecho a que se **presuma su inocencia** mientras no se pruebe su **culpabilidad**, conforme a la ley y en juicio público en el que se le hayan asegurado todas las garantías necesarias para su defensa. Nadie será condenado por actos u omisiones que en el momento de cometerse no fueron delictivos según el Derecho nacional o internacional. Tampoco se impondrá pena más grave que la aplicable en el momento de la comisión del delito.
- Artículo 12** Nadie será objeto de **injerencias arbitrarias** en su **vida privada**, su familia, su domicilio o su correspondencia, ni de ataques a su **honra** o a su **reputación**. Toda persona tiene derecho a la protección de la ley contra tales injerencias o ataques.
- Artículo 13** Toda persona tiene derecho a **circular libremente** y a **elegir su residencia** en el territorio de un Estado.
Toda persona tiene derecho a **salir de cualquier país**, incluso del propio, y a **regresar a su país**.
- Artículo 14** En caso de **persecución**, toda persona tiene derecho a buscar **asilo**, y a disfrutar de él, en **cualquier país**.
Este derecho no podrá ser invocado contra una acción judicial realmente originada por delitos comunes o por actos opuestos a los propósitos y principios de las Naciones Unidas.
- Artículo 15** Toda persona tiene derecho a una **nacionalidad**.
A nadie se privará arbitrariamente de su nacionalidad ni del derecho a cambiar de nacionalidad.
- Artículo 16** Los hombres y las mujeres, a partir de la **edad núbil**, tienen derecho, sin restricción alguna por motivos de raza, nacionalidad o religión, a **casarse** y **fundar una familia**, y disfrutarán de iguales derechos en cuanto al **matrimonio**, durante el matrimonio y en caso de disolución del matrimonio.
Sólo mediante libre y pleno **consentimiento** de los futuros esposos podrá contraerse el matrimonio.
La **familia** es el elemento natural y fundamental de la sociedad y tiene derecho a la protección de la sociedad y del Estado.
- Artículo 17** Toda persona tiene derecho a la **propiedad**, individual y colectivamente.
Nadie será privado arbitrariamente de su propiedad.
- Artículo 18** Toda persona tiene derecho a la **libertad de pensamiento**, de **conciencia** y de **religión**; este derecho incluye la libertad de cambiar de religión o de creencia, así como la libertad de **manifestar su religión** o su creencia, individual y colectivamente, tanto en público como en privado, por la enseñanza, la práctica, el culto y la observancia.



- Artículo 19** Todo individuo tiene derecho a la **libertad de opinión** y de **expresión**; este derecho incluye el de no ser molestado a causa de sus opiniones, el de investigar y recibir informaciones y opiniones, y el de difundirlas, sin limitación de fronteras, por cualquier medio de expresión.
- Artículo 20** Toda persona tiene derecho a la **libertad de reunión** y de **asociación pacíficas**.
Nadie podrá ser obligado a pertenecer a una asociación.
- Artículo 21** Toda persona tiene derecho a **participar en el gobierno de su país**, directamente o por medio de representantes libremente escogidos.
Toda persona tiene el derecho de acceso, en condiciones de igualdad, a las funciones públicas de su país.
La voluntad del pueblo es la base de la autoridad del poder público; esta voluntad se expresará mediante **elecciones auténticas** que habrán de celebrarse periódicamente, por sufragio universal e igual y por voto secreto u otro procedimiento equivalente que garantice la libertad del voto.
- Artículo 22** Toda persona, como miembro de la sociedad, tiene derecho a la **seguridad social**, y a obtener, mediante el esfuerzo nacional y la cooperación internacional, habida cuenta de la organización y los recursos de cada Estado, la satisfacción de los **derechos económicos, sociales y culturales**, indispensables a su dignidad y al libre **desarrollo de su personalidad**.
- Artículo 23** Toda persona tiene derecho al **trabajo**, a la libre elección de su trabajo, a condiciones equitativas y satisfactorias de trabajo y a la **protección contra el desempleo**.
Toda persona tiene derecho, sin discriminación alguna, a igual **salario** por trabajo igual.
Toda persona que trabaja tiene derecho a una **remuneración equitativa** y satisfactoria, que le asegure, así como a su familia, una existencia conforme a la dignidad humana y que será completada, en caso necesario, por cualesquiera otros medios de protección social.
Toda persona tiene derecho a fundar **sindicatos** y a sindicarse para la defensa de sus intereses.
- Artículo 24** Toda persona tiene derecho al **descanso**, al disfrute del **tiempo libre**, a una limitación razonable de la duración del trabajo y a **vacaciones** periódicas pagadas.
- Artículo 25** Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la **salud** y el **bienestar**, y en especial la **alimentación**, el **vestido**, la **vivienda**, la **asistencia médica** y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los **seguros** en caso de **desempleo**, **enfermedad**, **invalidez**, **viudez**, **vejez** u otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad.
La **maternidad** y la **infancia** tienen derecho a cuidados y asistencia especiales.
Todos los niños, nacidos de matrimonio o fuera de matrimonio, tienen derecho a igual **protección social**.



Artículo 26 Toda persona tiene derecho a la **educación**. La educación debe ser **gratuita**, al menos en lo concerniente a la **instrucción elemental y fundamental**. La instrucción elemental será **obligatoria**. La instrucción técnica y profesional habrá de ser generalizada; el acceso a los estudios superiores será igual para todos, en función de los méritos respectivos.

La educación tendrá por objeto el pleno desarrollo de la personalidad humana y el fortalecimiento del respeto a los derechos humanos y a las libertades fundamentales; favorecerá la **comprensión**, la **tolerancia** y la **amistad** entre todas las naciones y todos los grupos étnicos o religiosos, y promoverá el desarrollo de las actividades de las Naciones Unidas para el mantenimiento de la paz.

Los padres tendrán derecho preferente a escoger el tipo de educación que habrá de darse a sus hijos.

Artículo 27 Toda persona tiene derecho a tomar parte libremente en la **vida cultural** de la comunidad, a gozar de las **artes** y a participar en el progreso **científico** y en los beneficios que de él resulten.

Toda persona tiene derecho a la **protección** de los **intereses morales** y materiales que le correspondan por razón de las producciones científicas, literarias o artísticas de que sea autora.

Artículo 28 Toda persona tiene derecho a que se establezca un **orden social** e internacional en el que los derechos y libertades proclamados en esta Declaración se hagan plenamente **efectivos**.

Artículo 29 Toda persona tiene **deberes** respecto a la comunidad, puesto que sólo en ella puede desarrollar libre y plenamente su personalidad.

En el ejercicio de sus derechos y en el disfrute de sus libertades, toda persona estará solamente sujeta a las **limitaciones establecidas por la ley** con el único fin de asegurar el reconocimiento y el respeto de los derechos y libertades de los demás, y de satisfacer las justas exigencias de la moral, del orden público y del bienestar general en una sociedad democrática.

Estos derechos y libertades no podrán, en ningún caso, ser ejercidos en oposición a los propósitos y principios de las Naciones Unidas.

Artículo 30 Nada en esta Declaración podrá interpretarse en el sentido de que confiere derecho alguno al Estado, a un grupo o a una persona, para emprender y desarrollar actividades o realizar actos tendientes a la supresión de cualquiera de los derechos y libertades proclamados en esta Declaración.⁴

El artículo 25 de la Declaración Universal de Derechos Humanos (DUDH) nos habla sobre el derecho que tiene todo ser humano a la salud y a recibir servicios médicos adecuados que la salvaguarden.

⁴ **Texto de la Declaración Universal de Derechos Humanos**. Organización de las Naciones Unidas. Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas, 2012.



En resumen, la paz no se trata únicamente de la ausencia de conflicto o guerra, sino que su concepto va más allá. Una sociedad en paz será aquella en la que sus habitantes estén conformes con su situación de vida, donde tengan las herramientas para convertirse en lo que siempre han anhelado, puedan desarrollar sus capacidades para favorecer su calidad de vida, su familia y su sociedad.

Para ello, será importante que el individuo cuente con las necesidades básicas plenamente satisfechas, como son las necesidades fisiológicas como el hambre, el vestido y el bienestar físico. Al tener estas necesidades cubiertas, el individuo buscará la trascendencia en otros temas como la autorrealización, la búsqueda de una familia, actividades para el bien social, etc.

Este trabajo tiene como objetivo demostrar la fuerte influencia que tiene la ciencia sobre la generación de la paz y no únicamente con la guerra y los conflictos como el contexto histórico y bélico han demostrado. La ciencia tiene un amplio espectro en la influencia que genera sobre una sociedad, desde favorecer la calidad de vida de una población gracias a los avances tecnológicos que hacen más sencillas las actividades usuales de cada día, hasta incrementar la esperanza de vida gracias a los tratamientos médicos desarrollados hoy en día.



DESARROLLO

Ciencia y Guerra

A últimas fechas, la ciencia en la sociedad ha sido relacionada únicamente con la guerra, esto debido a los avances científicos y tecnológicos que han sido desarrollados durante periodos de conflicto entre naciones. Bombas nucleares, armas químicas y biológicas son producto de años de investigación y desarrollo científico y tecnológico patrocinado por los principales gobiernos y sus monstruosas industrias militares.

Están por ejemplo, las dos guerras mundiales, pero no sólo estas, sino también toda una larga lista de conflictos que ofrecen numerosos ejemplos de la utilización de la ciencia y la tecnología fuertemente dependiente del conocimiento científico en los conflictos bélicos.

Además, la dimensión *militarista* de la ciencia no se agota con su aplicación a las guerras reales, plasmadas en batallas, muertes y estrategias; sino que también hay que tomar en cuenta la participación de la ciencia y de los científicos en las Fuerzas Armadas en tiempos de paz. Como proveedores, por ejemplo, de nuevas armas. Por último, tenemos ese nuevo instrumento, hecho posible por la ciencia, que es la disuasión nuclear, con el que la violencia bélica se convierte en potencialmente permanente.⁵

Los chinos descubrieron la pólvora y la usaron para divertirse con explosivos y otros artificios; descubren después que con un tubo podían tirar más lejos sus lanzas. Sin

⁵ Sánchez, José M. **Ciencia, científicos y guerra en el siglo XX: algunas cuestiones ético-morales.** Universidad Autónoma de Madrid. ISEGORIA/12. España, 1995.

embargo, no es hasta que los europeos la relacionan con la tecnología del bronce, hierro y acero que comienza el desarrollo del armamento; nacen los fusiles y los cañones.

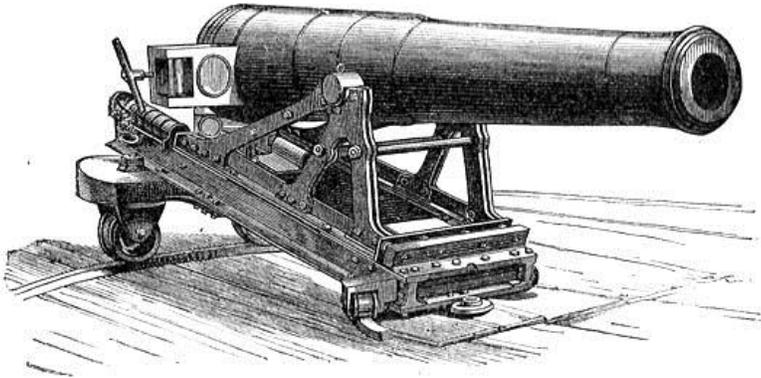


Imagen 4. Ilustración que representa la tecnología armamentista tras el descubrimiento de la pólvora (Fuente: Wikimedia)

La Revolución Industrial introduce la máquina de vapor y con ella, surgen los motores, y casi al mismo tiempo los carros de combate y los tanques. Se hace realidad el gran sueño de los hombres: volar; nace la tecnología de los aeróstatos primero, y después los aviones, y su desarrollo militar los lleva hasta los

supersónicos de combate, a la cohetaría portadora de armas nucleares y al espacio sideral. Hoy la Revolución Informática y Nanotecnológica, aplicada a la guerra, alcanza límites que parecerían de ciencia ficción.⁶

El mejor ejemplo del desarrollo de armas gracias al avance científico y tecnológico es el proyecto Manhattan. Este fue el nombre en clave del proyecto científico llevado a cabo durante la Segunda Guerra Mundial por los Estados Unidos con ayuda del Reino Unido y Canadá. El objetivo final del proyecto era el desarrollo de la primera bomba atómica antes de que la Alemania nazi la consiguiera.

La investigación científica fue dirigida por el físico americano de origen judío **Julius Robert Oppenheimer**. El proyecto se llevó a cabo en numerosos centros de investigación siendo el más importante de ellos el Distrito de Ingeniería Manhattan situado en el lugar conocido actualmente como Laboratorio Nacional Los Álamos, en Nuevo México, EEUU.

El proyecto agrupó a una gran cantidad de eminencias científicas como Robert Oppenheimer, Niels Böhr, Enrico Fermi, Ernest Lawrence, entre otros.

⁶ Rodríguez, Rodrigo D. **Guerra, ciencia y tecnología. De cómo se aplasta la razón y la ética.** Centro de Estudios Internacionales para el Desarrollo. Argentina, 2011.

El proyecto Manhattan concluyó al conseguir el objetivo de producir la primera bomba nuclear en un tiempo record de 2 años 3 meses y 16 días. Se realizó la primera prueba nuclear del mundo cerca de Alamogordo, Nuevo México, el 16 de julio de 1945 conocida como la **Prueba Trinity**. La continuación del proyecto condujo a la producción de dos

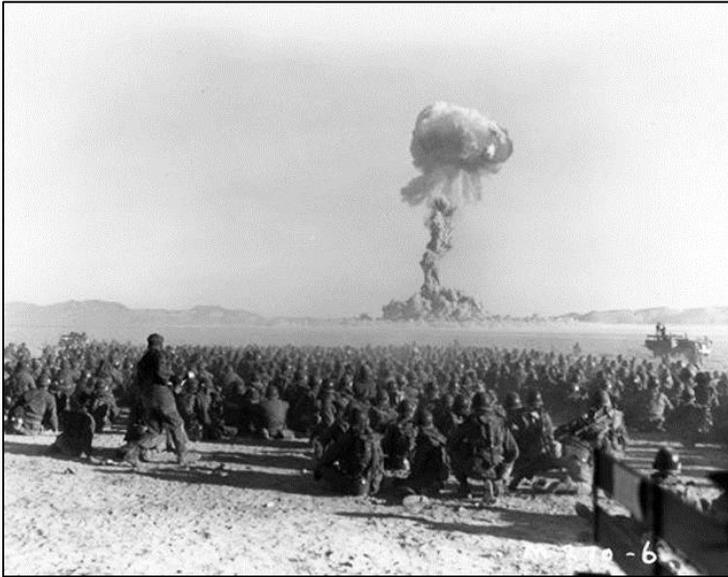


Imagen 5. Prueba "Trinity" realizada en Alamogordo, Nuevo México en 1945. (Fuente: Jimmy J. Pack Jr.)

bombas conocidas como "Little Boy" y "Fat Man" con pocos días de intervalo, las cuales detonaron en Hiroshima el 6 de agosto de 1945 y en Nagasaki el 9 de agosto del mismo año.

Otros ejemplos que desgraciadamente relacionan a la ciencia con la industria militar y de la guerra son las armas químicas, tales como el sarín, un agente nervioso descubierto y utilizado por los alemanes nazis durante la segunda guerra

mundial; y las, recientemente sacadas a la luz públicas, armas biológicas, que se refieren a cualquier patógeno, bacteria, virus u otro organismo que cause enfermedades que se utiliza como arma de guerra, así como productos biológicos tóxicos producidos por organismos vivos como son las toxinas.⁷ Un ejemplo muy sonado fue el de las cartas enviadas a varias oficinas de medios de información como la *ABC News*, *CBS News*, *New York Post* y *National Enquirer*, así como a algunos representantes del gobierno estadounidense; las cuales contenían esporas de *Bacillus anthracis*, microorganismo responsable de la enfermedad conocida como carbunco.⁸

Hoy día, la opinión referente a la ciencia y la guerra es muy diversa, sin embargo se puede observar que los avances de la ciencia y la tecnología como son la automatización, cibernética, robotización, nanotecnología, ingeniería genética, biotecnología, informatización

⁷ Pita, Rene. **Armas biológicas. Una historia de grandes engaños y errores.** Plaza y Valdés Editores. España, 2011.

⁸ Lengel, Allan **CNN.com – Transcripts. Anthrax in America: Brentwood Post Office Facility in Washington Major Focal Point.** (16 de septiembre de 2005). The Washington Post. Consultado el 2 de marzo de 2014.



y telecomunicaciones; no han sido utilizados para que los seres humanos se liberen de la opresión y de la dependencia, sino que por el contrario, han ayudado a concentrar aún más el poder en unas pocas manos, mientras la gran mayoría de la humanidad queda relegada a una condición de impotencia. El expresidente de Cuba, Fidel Castro, en 2003 enuncia en una conferencia:

“Los portentosos avances de la ciencia y la tecnología se multiplican diariamente pero sus beneficios no llegan a la mayoría de la humanidad, y siguen estando en lo fundamental al servicio de un consumismo irracional que derrocha recursos limitados y amenaza gravemente la vida en el planeta. ¿Hasta cuándo habrá que esperar para que haya racionalidad, equidad y justicia en el mundo?”⁹

⁹ Rodríguez, Rodrigo D. **Guerra, ciencia y tecnología. De cómo se aplasta la razón y la ética.** Centro de Estudios Internacionales para el Desarrollo. Argentina, 2011.



Ciencia, Tecnología y Sociedad

La ciencia se ha visto siempre como un ente externo y ajeno a la gran mayoría de la sociedad, quienes generalmente desarrollan una aversión hacia la ciencia debido a experiencias en su etapa de formación que le hicieron relacionar a las ciencias con la dificultad, la incomprensión o la selectividad, donde no todos nacieron para ser científicos, y mucho menos para proliferar en tan selectivo y cerrado gremio.

El siglo XX será recordado por tres grandes innovaciones: unos medios de salvar, prolongar y mejorar la vida sin precedentes; unos medios, también sin precedentes, para destruir esas vidas que se trata de salvaguardar, que incluyen, por primera vez el riesgo de desaparición de toda la civilización mundial; y un conocimiento, igualmente sin precedentes, de nosotros mismos y del universo que nos rodea.¹⁰

La **ciencia**, del latín scientia que significa conocimiento, es el conjunto de conocimientos estructurados sistemáticamente. La ciencia es el conocimiento obtenido mediante la observación de patrones regulares, de razonamientos y de experimentación en ámbitos específicos, a partir de los cuales se generan preguntas, se construyen hipótesis, se deducen principios y se elaboran leyes generales y sistemas organizados por medio de un método científico.¹¹

La **ciencia** y la **tecnología** comienzan a ejercer su influencia a comienzos del siglo XX sobre las formas de vida humana en el planeta, incluso las otras formas de vida natural. Ante esta situación se han dado actitudes radicalizadas y acríicas. Por un lado, hay quienes

¹⁰ Sagan, C. **Ciencia y Tecnología. Avances y retrocesos.** Diario "El País" Publicado el 19 de mayo de 1996.

¹¹ Definición del término "Ciencia" del **Diccionario de la Real Academia Española.** 22ª Edición. España, 2001.

consideran a la ciencia y la tecnología como los verdaderos demonios de la modernidad. Frente a estos tecnófobos también hay quienes sostienen que todo mal en el mundo tendrá su solución tecnocientífica, por lo que lejos de ser algo diabólico, la ciencia y la tecnología tienen las virtudes salvíficas que antiguamente se asignaban a los dioses.

Hacia mediados del siglo XX, existía una confianza generalizada en la ciencia, en su capacidad de generar riqueza y bienestar. El pensamiento científico se estimaba en el arquetipo de la racionalidad; y gastaban enormes sumas de dinero en el desarrollo científico y en gran medida los científicos disponían de márgenes considerables para orientar su trabajo, como lo plasma en su escrito “La ciencia sin fronteras” el entonces asesor del presidente de los Estados Unidos de América, Vannevar Bush, en 1945.

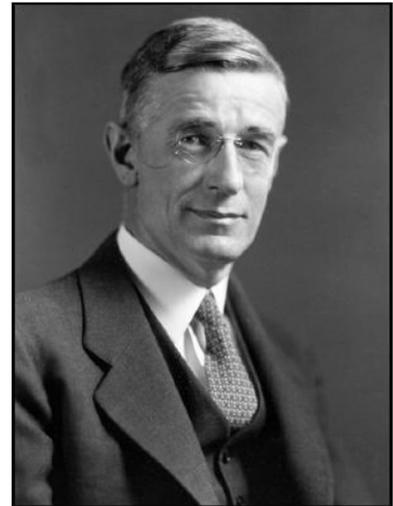


Imagen 6. Vannevar Bush
(Fuente: Stanford Press)

“La ciencia sin fronteras” se resume en un pensamiento central: más ciencia generaría más tecnología, a la que le seguiría más riqueza y bienestar.¹² Bush retrata a la ciencia y su capacidad de generar bienestar como ilimitadas, es por ello que establece en su escrito a la revolución científica como la clave para alcanzar el bienestar deseado.

Vannevar Bush indica en su escrito que el entonces presidente de los EEUU, Roosevelt, le solicitó, en el cual pudiera formular sus recomendaciones sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología y su impacto directo sobre la sociedad. Las inquietudes plasmadas en la carta para el presidente Roosevelt, el mismo Bush las resume en cuatro preguntas:

- ¿Qué puede hacerse de manera coherente con la seguridad militar y con la aprobación previa de las autoridades militares, para dar a conocer al mundo lo más pronto posible las contribuciones que durante nuestro esfuerzo bélico hicimos al conocimiento científico?
- Con especial énfasis en la lucha contra las enfermedades, ¿qué puede hacerse hoy para desarrollar un programa a fin de dar seguimiento en el futuro a los trabajos realizados hasta el día de hoy en medicina y ciencias relacionadas?

¹² Bush, V. **La ciencia sin fronteras**. Un informe al presidente de los EEUU. Julio de 1945.



- ¿Qué puede hacer el gobierno para apoyar las actividades de investigación lideradas por organizaciones públicas y privadas?
- ¿Se puede proponer un programa eficaz para descubrir y desarrollar el talento científico en la juventud norteamericana de modo que se asegure la continuidad futura de la investigación científica en el país?

Lo que se logra entrever en el escrito de Bush es que una de las políticas fundamentales de los EEUU es la de fomentar la apertura de nuevas fronteras, entre ellas, la científica; además de hacerlas accesibles a todo ciudadano. La salud, el bienestar y la seguridad deben ser actividades de la incumbencia del gobierno, siendo el progreso científico de interés vital para él. Sin el progreso científico, la salud pública se deterioraría; no habría esperanzas de mejora en el nivel de vida o de algún aumento en la esperanza de vida.

La perspectiva CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad) se enfrenta a la visión tradicional de la ciencia, según la cual la actividad científica tiene como fin el descubrimiento de nuevos conocimientos sobre la realidad, con lo que ésta sería **objetiva** y **neutral**. Siguiendo esta línea de pensamiento, la historia de la ciencia consistiría en la acumulación constante de conocimientos nuevos adquiridos de forma independiente de cualquier otro factor del entorno. En conclusión, la tecnología no sería más que la aplicación práctica de los conocimientos obtenidos a través de la ciencia.

Por el contrario la perspectiva CTS defiende otra consideración de las relaciones entre la ciencia y la sociedad que podría ser resumida en dos premisas:¹³

- **La actividad tecnocientífica es también un proceso social como otros.**
Se debe considerar que el desarrollo tecnocientífico depende no sólo de la propia ciencia o tecnociencia, sino que también se debe tomar en cuenta factores culturales, políticos, económicos y sociales.
- **Existen manifestaciones de los efectos sobre la sociedad y la naturaleza de la actividad tecnocientífica.**

La política científico-tecnológica, así como el conjunto de decisiones sobre cuestiones tecnocientíficas, por ejemplo, la autorización para utilizar un nuevo medicamento, la construcción de una central energética, la posibilidad de

¹³ García, E.M. **Ciencia, tecnología y sociedad: Una aproximación conceptual**. OEI. España, 2001.

establecer un mapa genético de una especie, etc.; es algo que contribuye esencialmente a modelar la forma de vida moderna del ser humano, así como su organización institucional. Es por ello que todas estas cuestiones deben ser un asunto público de primera magnitud.

De ellas se deriva entonces, una conclusión final sobre la necesidad de promover la evaluación y el control social de la actividad tecnocientífica.

Sin embargo, a pesar de este extrañamiento de la ciencia, la sensibilización de la sociedad hacia los avances científicos y tecnológicos, así como los efectos e influencia que estos generan en su vida diaria, es prioritaria para conocer y comprender su gran importancia sobre la sociedad en general, así como en su desarrollo.

En su columna publicada en el diario “El País” el 19 de mayo de 1996, el astrónomo, astrofísico, cosmólogo, autor y divulgador de ciencia Carl Sagan intenta referenciar la importante influencia que tiene hoy en día la ciencia y la tecnología sobre el desarrollo humano en toda la amplitud de la palabra. Entre los ejemplos que indica Sagan, destacan:¹⁴

- La capacidad de la industria alimentaria actual siendo capaz de alimentar a más de seis mil millones de habitantes a través de los avances científicos y tecnológicos que han permitido desarrollar fertilizantes, pesticidas, conservadores, nuevos sistemas de arado, irrigación y refrigeración.
- Mejoras notables en la salud y el bienestar de la gente en casi todo el mundo gracias al saneamiento urbano y rural, la infraestructura que permitió el fácil acceso al agua potable, adaptación de varias medidas de limpieza, la aceptación de la teoría de los gérmenes como productoras de enfermedades, el desarrollo y uso de medicamentos y antibióticos, la biología molecular y la ciencia médica.
- El control del crecimiento de la población por medio de los métodos de anticoncepción.

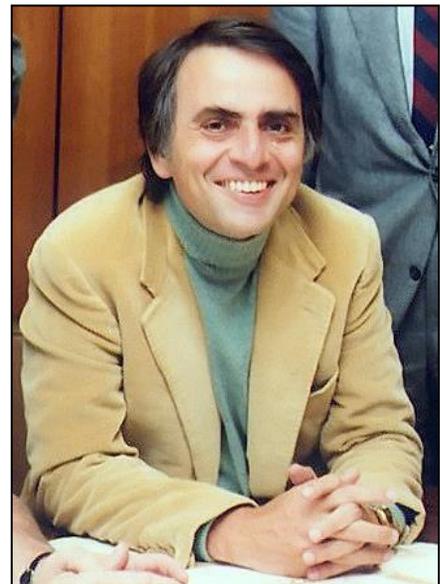


Imagen 7. Carl Sagan
(Fuente: Carl Sagan Foundation)

¹⁴ Sagan, C. **Ciencia y Tecnología. Avances y retrocesos.** Diario “El País” Publicado el 19 de mayo de 1996.



- La vacunación que ha permitido erradicar enfermedades como la viruela, la lepra, la poliomielitis, entre otras.

Cada rama de la ciencia ha experimentado espectaculares avances en el siglo XX. Los más profundos fundamentos de la física han sido revolucionados por las teorías especial y general de la relatividad y las nuevas leyes de la mecánica.

Ha sido el siglo en el que la naturaleza de los átomos conformados por protones y neutrones en un núcleo central y rodeados de una nube de electrones, se comprendió por primera vez; cuando los componentes que constituyen los protones y neutrones fueron apreciados primeramente y cuando una multitud de extrañas partículas elementales de corta vida se mostraron ante la administración de aceleradores de energía y rayos cósmicos.

La fisión y la fusión han hecho posible la consecución de las armas nucleares, las centrales de energía de fisión y la perspectiva de centrales de energía de fusión. La comprensión de la decadencia de la radiactividad hizo posible conocer la edad de la Tierra (unos 4.600 millones de años) y el tiempo de origen de vida en el planeta, hace unos 4.000 millones de años.¹⁵

Hoy día existen millones de ejemplos de la extensa y vasta influencia que la ciencia ejerce sobre las sociedades del mundo día tras día, favoreciendo la comunicación, el transporte, la calidad de vida, los hábitos y muchos otros aspectos con los que se enfrenta el ser humano día a día.

¹⁵ Sagan, C. **Ciencia y Tecnología. Avances y retrocesos.** Diario "El País" Publicado el 19 de mayo de 1996.

Historia y Salud

El nuevo enfoque CTS buscando identificar y relacionar fenómenos sociales con el avance tecnológico y científico, ha abierto una gran cantidad de posibilidades de estudiar el impacto directo de éstos sobre la vida diaria de la población mundial.

Carl Sagan deja muy en claro el impacto directo que ha tenido el desarrollo científico y tecnológico del siglo XX sobre la salud de la humanidad respecto a la erradicación de enfermedades que décadas antes quitaban la vida a cientos de miles, el tratamiento de enfermedades incurables y el descubrimiento de la cura de otras; todo lo anterior resumiéndose en un aumento en la calidad de vida, así como en la esperanza de vida de la población promedio.

La historia de las ciencias de la salud data desde los inicios de la vida humana, donde los primeros pobladores usaban fórmulas mágicas para curar sus enfermedades ya que las atribuían a espíritus malignos; sus fórmulas se basaban en hierbas silvestres, dietas específicas y masajes.

Siglos después, las grandes civilizaciones como China, Mesopotamia y Egipto comenzaron a desarrollar una medicina mucho más elaborada que la de los primeros pobladores. Estas culturas alternaban lo mágico con lo religioso y una cierta parte de empirismo racional en sus formulaciones, las cuales eran desarrolladas por sus sacerdotes, hechiceros y médicos, a los cuales se les atribuían propiedades de sabiduría, así como divinas, lo cual permitía combatir enfermedades a través de sus preparados.¹⁶

Se tiene evidencia de la importancia que comienza a obtener la medicina en estas culturas, tal como se ve en la cultura mesopotámica, siendo regida por el Código de



Imagen 8. Figura del Chaman en Alaska (Fuente: WordPress)

¹⁶ Entralgo, P. **Historia de la medicina**. Editorial Masson. México, 1998. Pág. 9

Hammurabi, la primer legislación en la historia de la humanidad, donde 13 de los artículos descritos en él se relacionan con las responsabilidades en que incurren los médicos en el ejercicio de su profesión, así como los castigos dispuestos en caso de mala praxis.

Gracias a este texto y a un conjunto de aproximadamente 30 mil tablillas recopiladas durante el reinado del rey asirio Asurbanipal (669-626 a. C.), procedentes de la biblioteca descubierta en Nínive por Henry Layard en 1841, ha podido intuirse la concepción de la salud y la enfermedad en este período, así como las técnicas médicas empleadas por sus profesionales sanadores.

De todas esas tablillas unas 800 están específicamente dedicadas a la medicina, y entre ellas se cuenta la descripción de la primera receta conocida. Lo más llamativo es la intrincada organización social en torno a tabúes y obligaciones religiosas y morales, que determinaban el destino del individuo. Primaba una concepción sobrenatural de la enfermedad: esta era un castigo divino impuesto por diferentes demonios tras la ruptura de algún tabú.¹⁷ De esta forma, lo primero que debía hacer el médico era identificar cuál de los aproximadamente 6 mil posibles demonios era el causante del problema. Para ello empleaban técnicas adivinatorias basadas en el estudio del vuelo de las aves, de la posición de los astros o del hígado de algunos animales. A la enfermedad se le denominaba shêrtu, aunque esta palabra asiria significaba también, pecado, impureza moral, ira divina y castigo.

Cualquier dios podía provocar la enfermedad mediante la intervención directa, el abandono del hombre a su suerte, o a través de encantamientos realizados por hechiceros. Durante la curación todos estos dioses podían ser invocados y requeridos a través de oraciones y sacrificios para que retirasen su nociva influencia y permitiesen la curación del hombre enfermo.



Imagen 9. Grabado del dios sumerio Ninazu (Fuente: Wikimedia)

De entre todo el panteón de dioses, Ninazu era conocido como “el señor de la medicina” por su especial relación con la salud.

El diagnóstico incluía, entonces, una serie de preguntas y rituales para determinar el origen del mal y los tratamientos no escapaban a este patrón cultural: exorcismos, plegarias

¹⁷ Kramer, S.N. **La historia empieza en Sumer**. Círculo de Lectores. México, 1975.

y ofrendas como rituales de curación frecuentes que buscaban congraciarse al paciente con la divinidad o librarlo del demonio que le acechaba.

No obstante, también es de destacar una importante cantidad de preparaciones herbolarias obtenidas de varias tablillas: unas doscientas cincuenta plantas curativas se enlistan en ellas, así como el uso de algunos minerales y de varias sustancias de origen animal.¹⁸

El nombre genérico para el médico era asû, pero pueden encontrarse algunas variantes como el bârû, o adivinador encargado del interrogatorio ritual; el âshipu, especializado en exorcismos; o el gallubu, cirujano-barbero de casta inferior que anticipa la figura del barbero medieval europeo, y que se encargaba de sencillas operaciones quirúrgicas como extracción de dientes, drenaje de abscesos, flebotomías, entre otras.

En el Museo del Louvre puede contemplarse un sello babilónico de alabastro de más de cuatro mil años de antigüedad, el cual era empleado para firmar documentos y recetas.

Tres mil años antes de nuestra era, en la isla de Creta surge la civilización que da origen a la medicina como ciencia racional desde el punto de partida de una concepción de la enfermedad como una alteración de mecanismos naturales, susceptible de ser investigada, diagnosticada y tratada, a diferencia del modelo mágico-teológico determinista predominante hasta ese momento.

Hipócrates, surge como la figura médica por excelencia de la cultura griega clásica y considerado el padre de la medicina moderna a quien se le atribuyen varias compilaciones de aproximadamente unos 50 tratados elaborados entre los siglos V y IV antes de nuestra era.

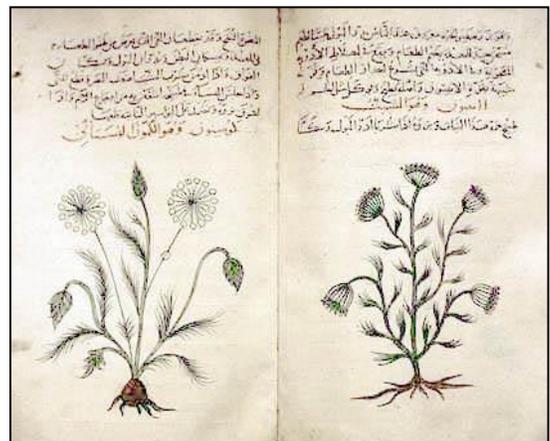


Imagen 10. Fragmento del escrito "De materia medica" de Discórides traducido a árabe. Museo Británico de Londres (Fuente: College Natural Medicine)

Los campos médicos abarcados por Hipócrates en sus tratados incluyen la anatomía, la medicina interna, la higiene, la ética médica o la dietética.

¹⁸ Campbell, T. R. **A dictionary of assyrian chemistry and geology**. Espasa Calpe Editores. Madrid, 1996.



Siguiendo por la historia de las culturas, posterior a la griega llega la romana, donde el desarrollo de la ciencia relacionada con la salud funge como prolongación del saber médico griego. Entre las más importantes figuras del desarrollo del saber científico aplicado a la salud, encontramos a Pedanio Dioscórides de Anazarba, el autor del manual farmacológico más empleado y conocido hasta el siglo XV. Sus viajes con el ejército romano le permitieron recopilar un gran muestrario de hierbas, compliendo más de 600 diferentes especies y sustancias medicinales para redactar su obra: “*De materia medica*”, conocido popularmente como “El Dioscórides”.

Otra importante figura de la roma clásica relacionada con la ciencia aplicada a la salud es Galeno de Pérgamo, de quien sus obras de anatomía, principalmente el *Methodus operandi*, fueron el fundamento de la ciencia médica durante varios siglos.

Debido a que en la antigua Roma la disección de cadáveres estaba prohibida por la ley, Galeno realizó estudios diseccionando animales como cerdos y monos. Esto condujo a que tuviera ciertas ideas equivocadas sobre el cuerpo humano. Galeno pasó el resto de su vida en la corte imperial, escribiendo y llevando a cabo experimentos. Hizo vivisecciones de muchos animales con el fin de estudiar la función de los riñones y de la médula espinal.

Otro importante hallazgo de esta época es la medicina pública, la cual tiene su origen en la roma antigua donde los principales arquitectos romanos como Columella, Marco Vitruvio y Marco Vipsanio Agripa, entre los que existía la convicción de que la malaria se propagaba a través de insectos o aguas pantanosas. Bajo este principio acometieron obras públicas como acueductos, alcantarillas y baños públicos encaminadas a asegurar un suministro de agua potable de calidad y un adecuado sistema de evacuación de desechos. La medicina moderna les daría la razón casi veinte siglos después, cuando se demuestre que el suministro de agua potable y el sistema de eliminación de aguas residuales son dos de los principales indicadores del nivel de salud de una población.

Durante la edad media, se observó un estancamiento en el desarrollo científico relacionado con la salud debido a que la atención se centró en la recopilación de escritos de la Grecia antigua, Roma y demás conocimientos médicos desarrollados en la antigüedad.

Algo importante a destacar durante la edad media fue el surgimiento de una primitiva estructura hospitalaria en lugares como Egipto, India y Roma; aunque su extensión y

concepción actual se debe al modelo monástico desarrollado por San Benito en Montecasino y sus variantes posteriores denominadas leproserías o lazaretos; donde se trataban enfermedades infecciosas como la lepra y la tuberculosis. Sus instalaciones estaban basadas en la reclusión de sus enfermos más que en los cuidados médicos y la salubridad de estos.

Las instalaciones hospitalarias de la edad media más similares a lo que hoy conocemos como hospitales datan de 1283 en la ciudad de El Cairo, Egipto. Al-Mansur fue un recinto hospitalario el cual se encontraba dividido en salas de especialidades médicas, al modo actual, contaba con una sección de dietética coordinada con la cocina del hospital, una sala para pacientes externos e incluso una biblioteca.¹⁹

Siguiendo con las culturas de medio oriente, tenemos como figura representativa de la medicina islámica medieval a Ali Ibn Sina, conocido mundialmente como Avicena. La obra de este filósofo persa, titulada "Canon de medicina" se considera la obra médica medieval más importante en la tradición islámica hasta su renovación con conceptos de medicina científica. Tuvo también gran influencia en toda Europa hasta la llegada de la Ilustración. Avicena es considerado el teórico aristotélico dedicado a comprender las generalidades de la medicina.

Para este momento, la cultura islámica fue de las más prolíficas en cuanto a desarrollo de ciencia de la salud se refiere. En sus escritos se pueden observar estudios de enfermedades infecciosas como la lepra, la tuberculosis, la varicela o el sarampión; ensayos donde se describían procedimientos quirúrgicos para el tratamiento correctivo de patologías oculares, del tracto digestivo, del páncreas e incluso descripciones del sistema cardiovascular y la descripción del material quirúrgico que debía emplearse en el procedimiento.

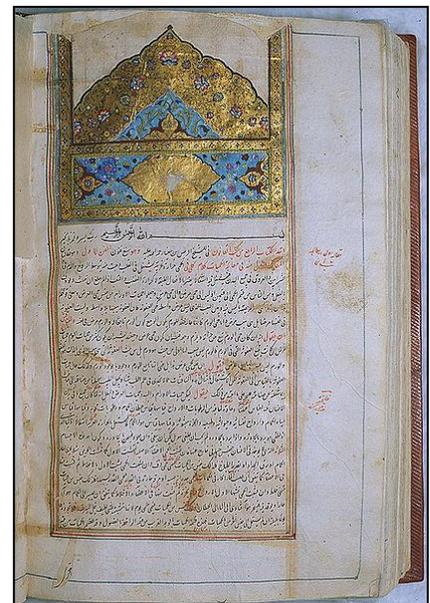


Imagen 11. Página del "Canon de medicina" de Avicena
(Fuente: Princeton)

¹⁹ Hamarneh, S.K. **Development of hospitals in Islam**. Journal of History of Medicine and Allied Sciences, Vol. 17. Pages. 17-26. London, 1962.

Entre los siglos XI y XIII comienzan a surgir las primeras escuelas médicas al sur de Nápoles, donde los estudiantes obtenían el título de médico y por tanto el derecho de ejercicio de esta práctica. La orientación de estas escuelas era fundamentalmente experimental y descriptiva, además de basar sus herramientas en el conocimiento de normas higiénicas, de nutrición, hierbas y de otras indicaciones terapéuticas.

Siguiendo el recorrido por la historia, llegamos al punto álgido donde la humanidad da un giro en la historia y comienzan a surgir conocimientos nuevos e inquietudes novedosas, no gratamente debido a hechos positivos, sino las grandes plagas que asolaron y protagonizaron el final de la Edad Media. Durante el siglo XIV hace su aparición en Europa la Peste Negra, causante de la muerte de unos 20 o 25 millones de europeos, equivalente a una tercera parte de la población de aquella época.²⁰ Otras más de lepra, tuberculosis, sífilis, sarna, carbunco, tifus, entre muchas otras se observan siglos después. Por otro lado, los siglos XV y XVI tuvieron en Italia el origen de nuevas filosofías de la ciencia y de la sociedad basadas en la tradición romana del humanismo. El florecimiento de las universidades en Italia al amparo de las nuevas clases mercantiles supuso el motor intelectual del que se derivó el progreso científico que caracterizó a este periodo. Esta nueva era recaló con especial intensidad en las ciencias naturales y la medicina, bajo el principio general del "revisionismo crítico". El universo comenzaba a contemplarse bajo una óptica de causalidad.

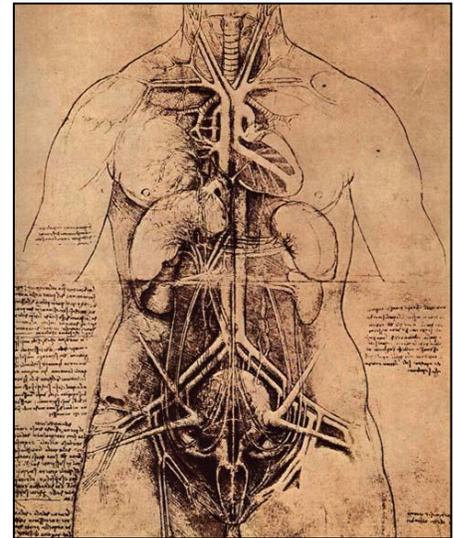


Imagen 12. Estudio anatómico de una mujer hecho por Leonardo Da Vinci (Fuente: MetMuseum)

De esta época sobresalen los impresionantes estudios anatómicos realizados por el maestro Leonardo Da Vinci, que junto con los trabajos de Andrés Vesalio trajeron consigo una nueva concepción de la anatomía humana.

El Renacimiento también es la época del surgimiento de la Psicología, la Bioquímica y de la anatomía patológica.

²⁰ Lain, E.P. **Historia de la Medicina**. Editorial Masson. México, 1995. Pp. 227.



El siglo XVII y la ilustración se presentaron con toda una nueva ola de ideologías y pensamientos nuevos los cuales dan como resultado al método científico. Mientras aún se catalogaban enfermedades como la diabetes en función del sabor más o menos dulce de la orina, la viruela se convertía en la nueva plaga de Europa, los avances técnicos y científicos de aquel tiempo, dieron lugar a una época más eficaz y resolutive.

De este siglo, destacan científicos como Edward Jenner, médico británico, quien observó que los ganaderos que habían padecido alguna enfermedad leve procedente de sus vacas que les causaba pequeñas ampollas rellenas de líquido en la piel, no contraían la temible viruela que estaba matando a miles. Por lo cual decidió realizar un experimento para contrastar su hipótesis: con una lanceta inoculó parte del líquido de una ampolla de una joven infectada por la viruela vacuna a un niño llamado James Phipps, voluntario para su experimento. Tras unos días, el niño presentó los síntomas habituales de la enfermedad como fiebre y algunas ampollas. A las seis semanas inoculó al mismo niño con una muestra procedente de un enfermo de viruela humana, y notó que este no contrajo la enfermedad, surgiendo así la primer "vacuna" como método de inmunización conocido por el hombre.

El despotismo ilustrado que regía en la época inspiró el origen de la medicina social, antecedente de la salud pública, cuyo primer gran éxito fue la implantación de la vacuna de la viruela a la población en general tras el descubrimiento de Jenner. Ese mismo humanismo inspiró posteriormente los primeros trabajos en ética médica y de los primeros estudios sobre historia de la medicina.

La medicina del siglo XIX todavía contenía muchos elementos artísticos, especialmente en el campo de la cirugía, pero empezó a vislumbrarse un modo de ejercerla más científica y más independiente de la habilidad o la experiencia de quienes la practicaban. Este siglo vio nacer la teoría de la evolución. La realidad pudo medirse, comprenderse y predecirse mediante leyes, que a su vez fueron siendo corroboradas por los sucesivos experimentos. Por ese camino avanzaron la astronomía con figuras como Laplace y Foucault; la física con representantes como Lorentz; la química con científicos de la talla de Dalton, Gay-Lussac y Mendeleiev; y la propia medicina.

La figura médica por excelencia de este período fue Rudolf Virchow, quien desarrolló las disciplinas de higiene y medicina social, en los orígenes de la medicina preventiva actual. Es el mismo Virchow el que postuló la teoría de "*Omnia cellula a cellula*", la cual establecía que

toda célula provenía de otra célula; además explicó a los organismos vivos como estructuras formadas por células.

Otros avances científicos relacionados con la salud en esta época se deben gracias al mejoramiento de la tecnología de los microscopios. Tal es el caso de los trabajos realizados por Robert Koch, considerado padre de la bacteriología moderna, quien logró aislar varias bacterias patógenas incluida la de la tuberculosis, denominada por ello en su honor bacilo de Koch (*Mycobacterium tuberculosis*), y descubrió los vectores animales de transmisión de una serie de enfermedades importantes. Demostró también, que el ántrax o carbunco sólo se desarrollaba en los ratones cuando el material inyectado en su torrente sanguíneo contenía



Imagen 13. Mano infectada con carbunco
(Fuente: IMSS)

bastones o esporas viables del *Bacillus anthracis*. El aislamiento del bacilo causante del carbunco por parte de Koch constituyó un hito histórico, ya que por primera vez pudo demostrarse sin duda alguna cuál era el agente causante de una enfermedad infecciosa. Quedó claro que las enfermedades infecciosas no estaban causadas por sustancias misteriosas, sino por microorganismos específicos. Koch mostró también cómo debía trabajar el investigador con dichos

microorganismos, cómo obtenerlos a partir de animales infectados, cómo cultivarlos artificialmente y cómo destruirlos.²¹

Luis Pasteur, otra figura representativa del siglo XIX con sus estudios en microbiología clínica, los cuales condujeron a innovaciones tan importantes como el desarrollo de vacunas, los antibióticos, la esterilización y la higiene como métodos efectivos de cura y prevención contra la propagación de las enfermedades infecciosas.²² Esta idea representó el inicio de la medicina científica, al demostrar que la enfermedad era el efecto visible de una causa que podía ser buscada y eliminada mediante un tratamiento específico. En el caso de las enfermedades infecciosas, se debía buscar el germen causante de cada enfermedad para hallar un modo de combatirlo.

²¹ **Robert Koch Biography**. Nobel Foundation website. Disponible en la web: <http://www.nobelprize.org>

²² Madigan, M.M. **Brock Biología de los Microorganismos**. 11° edición. Prentice Hall. México, 2005.



Las escasas medidas preventivas, como la cuarentena y la vacunación, o la cura mercurial para la sífilis y la quinina para la malaria, no fueron más que la utilización inteligente de descubrimientos casuales o de tradiciones tribales, ya que no se basaban en teoría científica alguna y no eran susceptibles de generalización o de utilización para la curación de otras enfermedades. Sin la teoría de los gérmenes hubiera sido imposible comprender lo que ocurría en las enfermedades infecciosas.

Cuando se comprendió claramente la teoría de los gérmenes y la técnica de su aplicación, el trabajo del médico se enfocó en estudiar las enfermedades infecciosas, buscar el "germen" que las causaba y hallar un suero inmunizador o curativo, o indicar las precauciones necesarias para detener su propagación para evitar epidemias, las cuales fueron contrarrestadas gracias a las mejoras sanitarias que empezaron a surgir. Enfermedades de origen hídrico como el tifus y otras de alta mortalidad infantil como la difteria fueron casi erradicadas en Europa. A su vez, algunos azotes como el cólera, la peste y la malaria fueron dominados, salvo aquellos lugares donde la pobreza hacía que las nuevas medidas fuesen imposibles de aplicar.

Gracias a los estudios previos realizados por Koch y Pasteur, Joseph Lister aplica posteriormente este conocimiento desarrollando mediante calor la práctica quirúrgica de la asepsia y la antisepsia, y consiguiendo así disminuir drásticamente las tasas de mortalidad tras las operaciones, principal obstáculo para el definitivo despegue de la cirugía.

Paul Ehrlich fue otro científico prolífico del siglo XIX, conocido por sus estudios sobre el sistema inmunológico que establecieron la base química para la especificidad de la respuesta inmunológica. Su teoría intentó explicar la capacidad de ciertas toxinas para producir tanto un efecto tóxico como una respuesta inmune en los mamíferos. Ehrlich postuló que las células tienen en su superficie moléculas receptoras específicas, que sólo se unen a determinados grupos químicos de las moléculas que conforman la toxina; si las células sobreviven a esta unión, se produce un excedente de cadenas laterales, algunas de las cuales son liberadas a la sangre en forma de antitoxinas circulantes, lo que hoy llamamos anticuerpos. Esta teoría sentó las bases de las modernas teorías inmunológicas.

También hizo importantes aportaciones en el campo de la quimioterapia, que incluyen el uso de la llamada "bala mágica" o salvarsán, una preparación de arsénico orgánico empleada en el tratamiento de la sífilis.



Cinco años antes del final del siglo XIX, Wilhelm Röntgen, físico alemán, consiguió producir un nuevo tipo de radiación, no conocida hasta ese momento. Se trataba de un tipo de radiación electromagnética en las longitudes de onda correspondientes a los actualmente llamados Rayos X. Por ese descubrimiento recibiría el Premio Nobel de Física en 1901, ya que logra descubrir la primera de las técnicas de diagnóstico por imagen que permitirían observar el interior del cuerpo humano en vivo.

Para el siglo XX, en términos sociales, el conocimiento médico se consolidó como un saber "experto" que permite definir lo normal y lo patológico, no sólo en un sentido corporal, sino también en un sentido social y cultural y resolver así sin aparentes ambivalencias realidades culturales y sociales más complejas. Desde la homosexualidad hasta la hiperactividad, van ocupándose territorios de la vida y generándose etiquetas médicas y tratamientos farmacéuticos que proclaman resolver complejas problemáticas sociales con la metódica administración de ciertas píldoras. Pero la medicalización también ha contribuido a generar respuestas sociales muy diversas de carácter individual o colectivo y a tomar conciencia sobre la importancia de otros saberes culturales en la vida cotidiana que hoy en día se encuentran amenazados por el monopolio médico.

El golpe definitivo a las enfermedades infecciosas lo dio Alexander Fleming a comienzos del siglo XX con el descubrimiento de la penicilina. Este descubrimiento permitió el desarrollo de posteriores compuestos antibacterianos producidos por organismos vivos. Howard Florey y Ernst Chain, en 1940, fueron los primeros en utilizar la penicilina en seres humanos. Desde la generalización del empleo de los antibióticos en la década de 1950, ha cambiado de forma radical el panorama de las enfermedades. Enfermedades infecciosas que habían sido la primera causa de muerte, como la tuberculosis, la neumonía o la septicemia, son mucho menos graves en la actualidad.

También han supuesto un avance espectacular en el campo de la cirugía, permitiendo la realización de operaciones complejas y prolongadas sin un riesgo excesivo de infección. Se emplean igualmente en el tratamiento y prevención de infecciones por protozoos u hongos, especialmente la malaria, una de las principales causas de muerte en los países en desarrollo.

Los siglos XVII al XIX, profundamente racionalistas, se esforzaron en clasificar los órganos, tejidos y enfermedades y en establecer las leyes de funcionamiento de los procesos fisiológicos y patológicos. Pero la evidencia de la complejidad de los seres humanos lleva a la conclusión de que no hay enfermedades, sino personas enfermas. En este contexto se desarrollan los modelos de salud y enfermedad propuestos por la Organización Mundial de la Salud, y que incorporan las esferas psicológica y social a la biológica, como determinantes de la salud de las personas.

Para 1948, se funda la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés)



Imagen 14. Bandera de la Organización Mundial de la Salud (Fuente: OMS)

bajo el amparo de la ONU, primer organismo médico internacional especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial. Entre las iniciativas propuestas por la OMS resaltó la de incorporar las esferas psicológica y social a la biológica, como determinantes de la salud de las personas. En 1978 se celebró la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud de Alma-Ata, donde se puso de manifiesto la

declaración de principios, así como la importancia crucial de las medidas sociales como son el suministro adecuado de agua potable y alimentos, vacunaciones, medicamentos, infraestructura médica adecuada, entre otras; y de la atención primaria de salud para la mejora del nivel sanitario de las poblaciones.²³

²³ **Acerca de la OMS.** Organización Mundial de la Salud. Disponible en la web: www.who.int



La Salud y su Promoción

La salud (del latín *salus*, -ūtis) es un estado de bienestar o de equilibrio que puede ser visto a nivel subjetivo (un ser humano asume como aceptable el estado general en el que se encuentra) o a nivel objetivo (se constata la ausencia de enfermedades o de factores dañinos en el sujeto en cuestión). El término salud se contrapone al de enfermedad, y es objeto de especial atención por parte de la medicina. Este concepto se amplía a un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. En la salud, como en la enfermedad, existen diversos grados de afectación y no debería ser tratada como una variable dicotómica.²⁴

Dentro del contexto de la promoción de la salud, la salud ha sido considerada no como un estado abstracto, sino como un medio para llegar a un fin, como un recurso que permite a las personas llevar una vida individual, social y económicamente productiva. La salud es un recurso para la vida diaria, no el objetivo de la vida. Se trata de un concepto positivo que acentúa los recursos sociales y personales, así como las aptitudes físicas.

Existe también la salud mental, la cual se caracteriza por el equilibrado estado emocional de una persona y su autoaceptación (gracias al autoaprendizaje y al autoconocimiento); en términos clínicos, es la ausencia de cualquier tipo de enfermedad mental.

Estas definiciones han sido cuestionadas ya que se la considera una definición ideal, ya que toda la población no alcanzaría ese estado, hoy asumimos que la salud es un proceso en el cual el individuo se desplaza sobre un eje salud- enfermedad acercándose a uno u otro extremo según se refuerce o rompa el equilibrio.

La salud se concibe como la posibilidad que tiene una persona de gozar de una armonía biopsicosocial, en interacción dinámica con el medio en el cual vive.

²⁴ **Constitución de la Organización Mundial de la Salud.** Conferencia Internacional de Salud. OMS. Ginebra, 1948.



Dada la definición anterior, podemos resumir que la promoción de la salud debe enfocarse en ciertos puntos clave que la conforman y la hacen integral:

– **Ejercicio físico**

Entendido como cualquier movimiento corporal repetido y destinado a conservar la salud o recobrarla. A menudo también es dirigido hacia el mejoramiento de la capacidad atlética y/o la habilidad.

– **Nutrición equilibrada**

Basada en la pirámide alimentaria siendo fundamental para mantener una buena salud.

– **Higiene**

Como el conjunto de conocimientos y técnicas que aplican los individuos para el control de los factores que ejercen o pueden ejercer efectos nocivos sobre su salud. La higiene personal es el concepto básico del aseo, de la limpieza y del cuidado del cuerpo humano.

– **Salud mental**

Como concepto que se refiere al bienestar emocional y psicológico del individuo.

Desde su origen en 1940, la Organización Mundial de la Salud se ha enfocado en la promoción e intervención de la salud a nivel mundial a través del ejercicio propio de sus funciones. Estas funciones son listadas en la *Constitución de la Organización Mundial de la Salud*, en su artículo dos, entre las que destacan²⁵:

- Actuar como autoridad directiva y coordinadora en asuntos de **sanidad internacional**.
- Establecer y mantener colaboración eficaz con las Naciones Unidas, los organismos especializados, las administraciones oficiales de salubridad, las agrupaciones profesionales y demás organizaciones que se juzgue convenientes.
- Ayudar a los gobiernos a **fortalecer** sus servicios de salubridad.
- Proporcionar ayuda técnica adecuada y, en casos de emergencia, prestar a los gobiernos la cooperación necesaria que soliciten, o acepten.

²⁵ **Constitución de la Organización Mundial de la Salud**. Conferencia Internacional de Salud. OMS. Ginebra, 1948.



- Proveer o ayudar a proveer, a solicitud de las Naciones Unidas, servicios y recursos de salubridad a grupos especiales, tales como los habitantes de los territorios coloniales.
- Establecer y mantener los servicios administrativos y técnicos que sean necesarios, inclusive los **epidemiológicos** y de **estadística**.
- Promover, con la cooperación de otros organismos especializados cuando fuere necesario, el mejoramiento de la **nutrición**, la habitación, el **saneamiento**, la recreación, las condiciones económicas y de trabajo, y otros aspectos de la **higiene** del medio.
- **Promover la salud** y la asistencia maternal e infantil, y **fomentar la capacidad de vivir en armonía** en un mundo que cambia constantemente.
- Fomentar las actividades en el campo de la higiene mental, especialmente aquellas que afectan las **relaciones armónicas de los hombres**.
- Promover y realizar investigaciones en el campo de la salud.
- Promover el mejoramiento de las normas de enseñanza y adiestramiento en las profesiones de salubridad, medicina y afines.
- Suministrar información, consejo y ayuda en el campo de la salud.
- Contribuir a crear en todos los pueblos una opinión pública bien informada en asuntos de salud.
- Establecer y revisar, según sea necesario, la nomenclatura internacional de las enfermedades, de las causas de muerte y de las prácticas de salubridad pública.
- Establecer normas uniformes de diagnóstico, según sea necesario.
- Desarrollar, establecer y promover normas internacionales con respecto a **productos alimenticios, biológicos, farmacéuticos** y similares.
- En general, tomar todas las medidas necesarias para alcanzar la finalidad que persigue la Organización.

Observando detalladamente los estatutos referenciados a la *Constitución de la Organización Mundial de la Salud*, podemos observar dos de estos muy importantes respecto al desarrollo temático de este escrito. Claramente en uno de estos podemos hacer notar la importancia que tiene como actividad la promoción de la salud a través de las actividades

desarrolladas por la OMS, así como su estrecha relación que tiene con respecto a la armoniosa relación entre los seres humanos debida gracias a las buenas condiciones de salud logradas a través del saneamiento, buena infraestructura médica, prevención de enfermedades, así como su tratamiento y cura.

Cada año, la *Organización Mundial de la Salud* publica un informe donde se indican las estadísticas sanitarias mundiales, a través de las cuales podemos vislumbrar un panorama muy general de la salud mundial, así como los puntos fuertes y débiles de la infraestructura médica y su promoción de la salud.

La OMS funge como eje central en la compilación de las Estadísticas Sanitarias Mundiales, compila y analiza datos proporcionados por sistemas públicos de registro de nacimiento y defunciones, registros de hospitales, encuestas de hogares, censos, registros certificados de gastos, y datos obtenidos de proyectos de investigación desarrollados por el sector privado o el público dedicado al sector salud de cada uno de los países miembros de la *Organización de las Naciones Unidas (UNO)*, por sus sigla en inglés) y miembros activos de la *Organización Mundial de la Salud*.

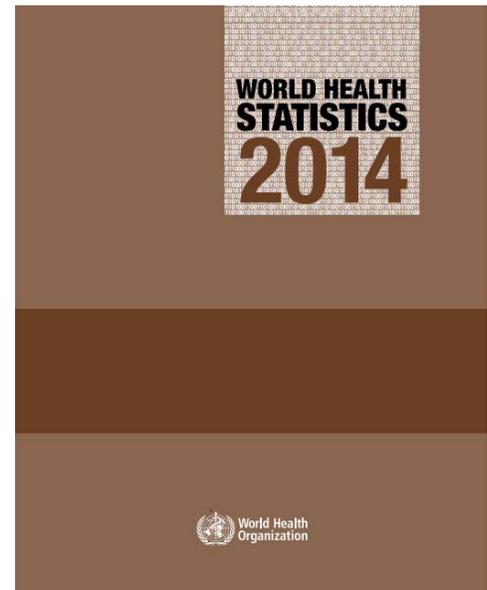


Imagen 15. Portada del "*World Health Statistics 2014*" (Fuente: OMS)

La OMS tiene como responsabilidad primordial, procurar por todos los medios, hacer el mejor uso posible de los datos notificados por cada uno de los países miembros activos de la Organización. Sin embargo, es importante considerar que entre estos hay muchos países que carecen de sistemas de información sanitaria sólidos, por lo que dichos datos no siempre están disponibles ni su calidad es uniforme.

De lo anterior se debe considerar que en ocasiones, la OMS debe ajustar la información faltante de los países con limitada o nula infraestructura de promoción de la salud para compensar la comparación con los valores presentados por los países con infraestructura médica más sólida y desarrollada, además de corregir los sesgos conocidos y facilitar las comparaciones entre países a lo largo del tiempo, con ello, emplear modelizaciones estadísticas que permitan la objetiva comparación de información recibida a nivel mundial.

Las estadísticas demográficas y socioeconómicas proceden de bases de datos gestionadas por otros organismos pertenecientes o no al sistema de las Naciones Unidas, como la Unión Internacional de Telecomunicaciones, el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia o el Banco Mundial.²⁶

Entre los datos reportados por la OMS en su publicación del 2014, sobresalen²⁷:

– **Aumento en la esperanza de vida:**

Una niña y un niño nacidos en 2012 tendrán por término medio una esperanza de vida de 72,7 y 68,1 años, respectivamente. Esto significa 6 años más que la media mundial de la esperanza de vida para los nacidos en 1990. Los mayores progresos se han hecho en los países de ingresos bajos, en los que la media de la esperanza de vida ha aumentado 9 años entre 1990 y 2012: de 51,2 a 60,2 años en los hombres, y de 54,0 a 63,1 años en las mujeres.

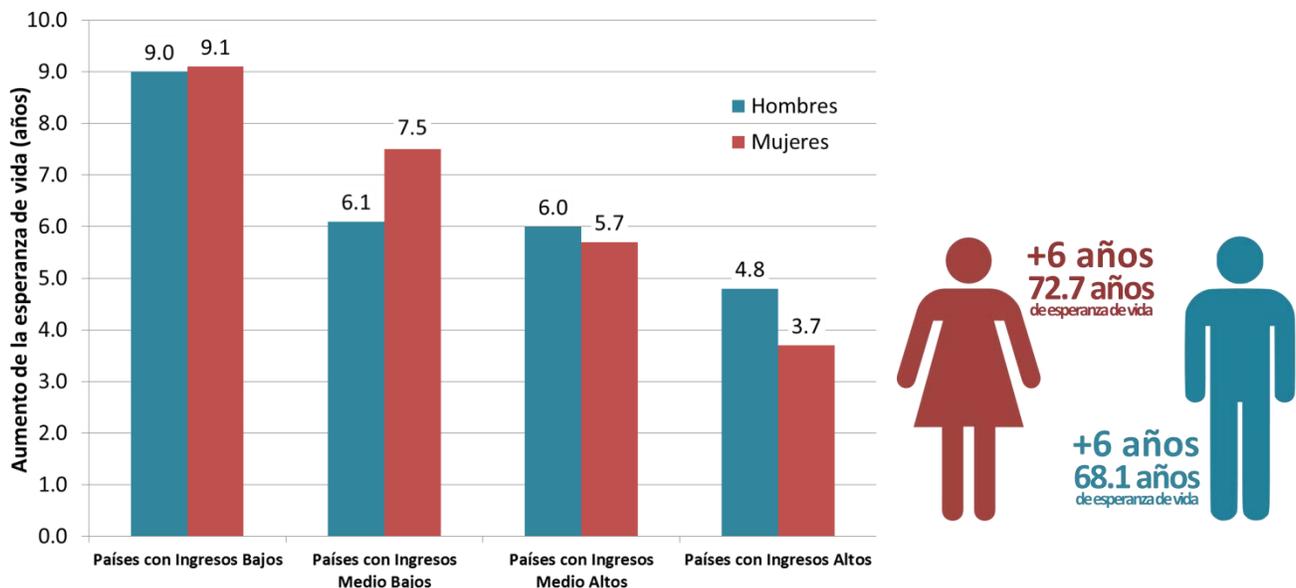


Imagen 16. Promedio de aumento en esperanza de vida por estratificación de países por ingresos y por sexo. (Imagen por Benjamín Rodríguez)

Los resultados mostrados se han logrado gracias a la reducción de las muertes infantiles, así como la reducción de las muertes por enfermedades infecciosas en los adultos.

²⁶ World Health Statistics. World Health Organization. Geneve, 2014.

²⁷ World Health Statistics. World Health Organization. Geneve, 2014.

La esperanza de vida al nacer en hombres y mujeres en 2012 en los 5 países con mayores cifras son:

Hombres			Mujeres		
Lugar	País	Esperanza de Vida (años)	Lugar	País	Esperanza de Vida (años)
1	Islandia	81,2	1	Japón	87,0
2	Suiza	80,7	2	España	85,1
3	Australia	80,5	3	Suiza	85,1
4	Israel	80,2	4	Singapur	85,1
5	Singapur	80,2	5	Italia	85,0

Imagen 17. Esperanza de vida al nacer en hombres y mujeres en 2012 en los 5 países con mayores cifras (Imagen por Benjamín Rodríguez)

De entre todas las enfermedades causantes de muerte prematura de hombres y mujeres alrededor del mundo en el 2012, destacan veintes, causantes de cerca de 65% del total de las muertes causales prematuras:

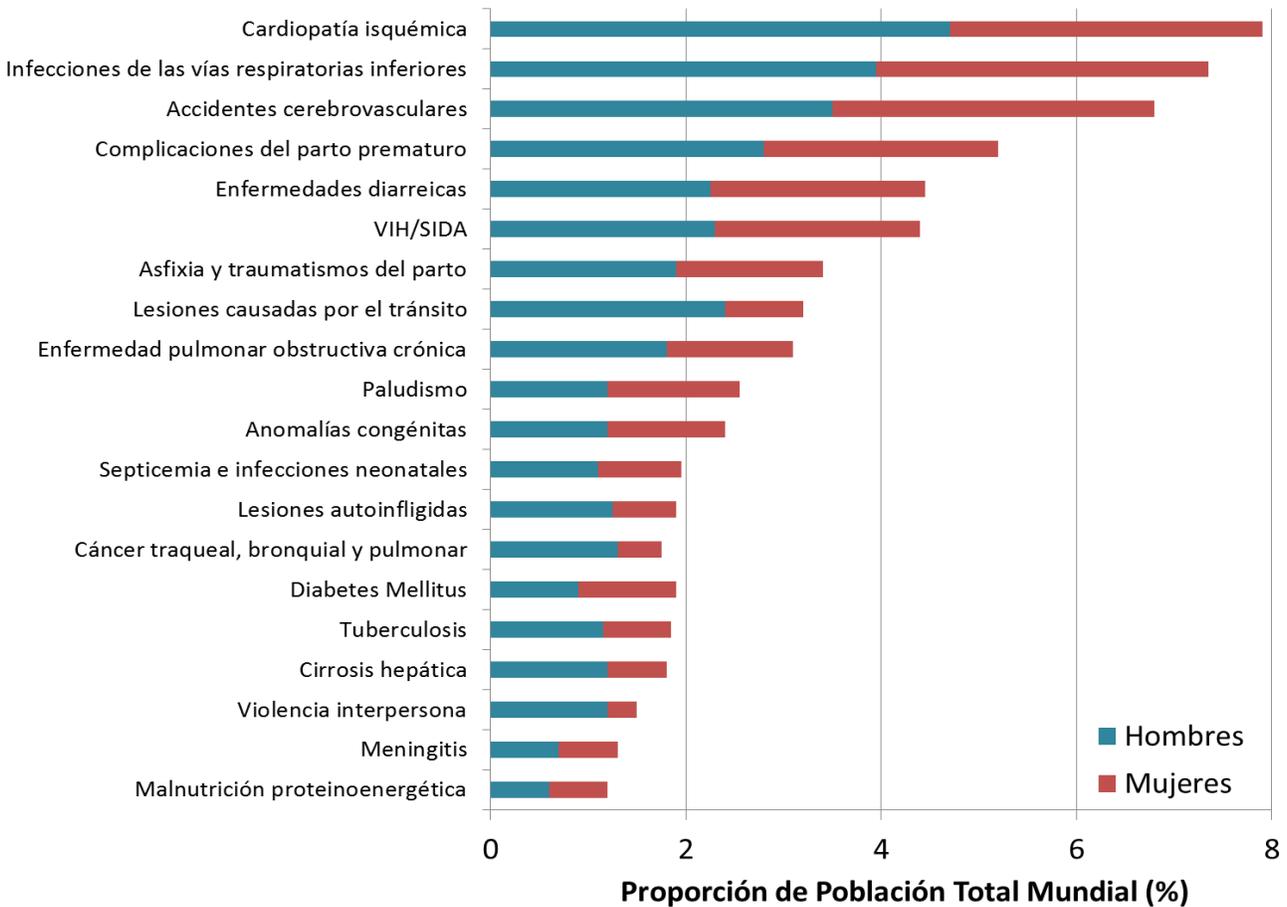


Imagen 18. Principales causas de muerte prematura de hombres y mujeres a nivel mundial en 2012. (Imagen por Benjamín Rodríguez)



Dentro de su plataforma de Estadísticas Sanitarias Mundiales de la *Organización Mundial de la Salud*, se cuenta con una importante herramienta denominada *Observatorio Mundial de la Salud*, la cual funge como puerta de acceso de la OMS a las estadísticas mundiales relacionadas con la salud. El objetivo de este portal consiste en proporcionar un acceso fácil a:

- Datos y estadísticas de los países centrados en estimaciones comparables.
- Los análisis de la OMS para monitorizar la situación y las tendencias mundiales, regionales y nacionales.

La información del Observatorio mundial de la salud abarcan las prioridades en materia de salud mundial, tales como los Objetivos de Desarrollo del Milenio relacionados con la salud, la mortalidad y la carga de morbilidad; los sistemas de salud, la salud medioambiental, las enfermedades infecciosas y las no transmisibles, la equidad sanitaria, y la violencia y las lesiones. Destacan del contenido general del Observatorio Mundial de la Salud:

- La situación y las tendencias mundiales mediante indicadores básicos que se actualizan regularmente.
- Datos sobre cada tema, y en particular los perfiles de los países y una galería de mapas.
- Publicaciones relacionadas con el tema.
- Enlaces a páginas web pertinentes, tanto de la OMS como ajenas a ella.

Enfermedades Epidemiológicas

A dentrándonos un poco más en los datos recabados a nivel mundial dentro del documento publicado en 2014 por la *OMS*, tenemos un apartado en particular que nos permite conocer el avance en la infraestructura de salud actual, el impacto real de la promoción de la salud en cada uno de los estratos sociales y países de acuerdo a su desarrollo y economía; así como su severidad, medidas actuales de cura, de tratamiento o de prevención.

Inicialmente, debemos comentar las enfermedades a nivel mundial que permiten realizar una evaluación de los sistemas de salud e infraestructura de cada uno de los países. Para ello, es importante considerar aquellas enfermedades que no sean propiamente endémicas, sino que hayan tenido la oportunidad de expandirse alrededor del mundo. De entre las principales enfermedades primordiales a considerar en el estudio epidemiológico mundial como forma de conocer el índice de desarrollo de los sistemas de salud e infraestructura médica tenemos:

Cólera

El cólera es una infección diarreica aguda causada por la ingestión de alimentos o agua contaminados con el bacilo *Vibrio cholerae*. Se calcula que cada año se producen entre 3 millones y 5 millones de casos de cólera y entre 100 y 120 mil defunciones.²⁸ Tiene un periodo de incubación corto, entre menos de uno y cinco días. La bacteria produce una enterotoxina que causa una diarrea copiosa, indolora y acuosa que puede conducir con rapidez a una deshidratación grave y a la muerte si no se trata prontamente. La mayor parte de los pacientes sufren también vómitos.

²⁸ Datos recabados del *Observatorio Mundial de la Salud*.

HISTORIA

A lo largo del siglo XIX, el cólera se propagó por el mundo desde su reservorio original en el delta del Ganges, en la India. Seis pandemias en sucesión mataron a millones de personas en todos los continentes. La actual pandemia (la séptima) comenzó en el sur de Asia en 1961 y llegó a África en 1971 y a América en 1991. En la actualidad, el cólera es endémico en muchos países. Los principales reservorios de *V. cholerae* son los seres humanos y las fuentes de agua salobre y los estuarios; a menudo hay una relación con la multiplicación de algas. Estudios recientes indican que el calentamiento del planeta crea un ambiente favorable para los bacilos.

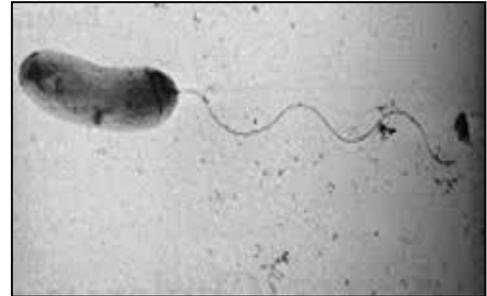


Imagen 19. *Vibrio cholerae*, bacteria causante del cólera (Fuente: CDC)

TRANSMISIÓN

La transmisión del cólera está estrechamente ligada a una mala gestión ambiental. De manera característica, las zonas de riesgo son aquellas donde no hay infraestructura básica, así como los campos para personas refugiadas, donde no se cumplen los requisitos mínimos de agua limpia y saneamiento. El cólera sigue representando una amenaza mundial para la salud pública y es un **indicador clave de la falta de desarrollo social**. En fecha reciente se ha observado el resurgimiento de esta enfermedad en paralelo con el aumento incontenible de los grupos de población vulnerables que viven en condiciones de falta de higiene.

TRATAMIENTO

El cólera es una enfermedad que se trata fácilmente. Hoy día, hasta el 80% de los casos puede tratarse satisfactoriamente mediante la pronta administración de sales de rehidratación oral. A los enfermos gravemente deshidratados se les debe administrar líquidos intravenosos; así como antibióticos apropiados para acortar la duración de la diarrea. No es recomendable la administración masiva de antibióticos ya que no surten efecto sobre la propagación del cólera y contribuyen a producir resistencia bacteriana.

PREVENCIÓN

Actualmente se comercializan dos tipos de vacunas anticoléricas orales que son inocuas y eficaces. Ambas se elaboran a base de bacilos muertos. Ambas brindan una protección superior al 50% que dura dos años en condiciones de endemidad. La vacuna **Dukoral** confiere una protección a corto plazo de 85% a 90% contra *V. cholerae* O1 en todos los grupos etarios. La vacuna **Shanchol** brinda protección a más largo plazo contra *V. cholerae* O1 y O139 en los niños menores de cinco años de edad.

La OMS recomienda que en las zonas donde el cólera es endémico o donde existe el riesgo de que se produzcan brotes epidémicos la administración de la vacuna anticolérica oral se acompañe de las medidas de control normalmente prescritas que son el mejoramiento del abastecimiento de agua y el saneamiento.²⁹ La vacunación debe centrarse en los grupos vulnerables que viven en zonas de riesgo elevado y no debe interrumpir la aplicación de otras intervenciones para controlar o prevenir las epidemias de cólera.

Difteria

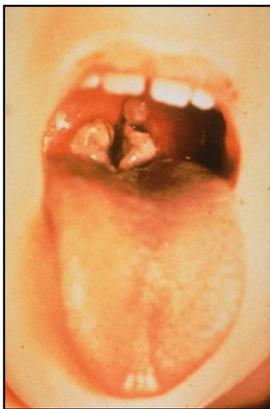


Imagen 20.
Pseudomembranas en
niño con difteria
(Fuente: CDC)

La difteria es una enfermedad infecciosa aguda epidémica, causada por la exotoxina proteica producida por *Corynebacterium diphtheriae*. Se caracteriza por la aparición de falsas membranas (pseudomembranas) firmemente adheridas, de exudado fibrinoso, que se forman principalmente en las superficies mucosas de las vías respiratorias y digestivas superiores, afectando usualmente las amígdalas, garganta, nariz, miocardio, fibras nerviosas o piel.

TRANSMISIÓN

El ser humano es el único huésped natural de *C. diphtheriae*. La transmisión se produce por gotitas respiratorias o contacto físico cercano. La difteria cutánea, muy contagiosa, es común en algunas zonas de los trópicos. En países donde la difteria aún es endémica, ésta afecta sobre todo a niños en edad preescolar y escolar. En la mayoría de

²⁹ **Cólera**. Organización Mundial de la Salud. Geneve, 2014. Disponible en la web: <http://www.who.int>

los países industrializados, la difteria ha dejado de ser endémica, o bien ha desaparecido o se producen casos muy esporádicamente.³⁰

TRATAMIENTO

Para reducir las complicaciones y la mortalidad por difteria es fundamental aplicar un tratamiento urgente que se basa en la administración intramuscular o intravenosa de la antitoxina diftérica. El uso de antibióticos como la penicilina o eritromicina no afecta a las lesiones productoras de exotoxina establecidas pero limita la proliferación bacteriana y la duración de la presencia de las corinebacterias que con frecuencia persisten incluso después de la recuperación clínica.

PREVENCIÓN

La vacunación es la mejor forma de prevenir esta enfermedad. El toxoide diftérico suele encontrarse en las vacunas combinadas: DTP, vacuna contra difteria, tétanos y tosferina (pertussis). Luego del desarrollo de la vacuna, durante el período comprendido entre 1980–2000, el número de casos de difteria notificados se redujo en más de un 90%. La duración media de la protección inducida tras la serie primaria de vacunación es de aproximadamente 10 años. Por este motivo que se recomienda un refuerzo cada 10 años una vez finalizada la serie primaria de vacunación.³¹

Ébola

El virus del Ébola causa en el ser humano la enfermedad homónima (antes conocida como fiebre hemorrágica del Ebola), teniendo una tasa de letalidad que puede llegar al 90%. El virus es transmitido al ser humano por animales salvajes y se propaga en las poblaciones humanas por transmisión de persona a persona. La EVE es una enfermedad vírica



Imagen 21. Enfermos de ébola tratados en Guinea
(Fuente: OMS)

³⁰ **Diphtheria.** Center for Disease Control and Prevention. United States, 2012. Disponible en la web: www.cdc.gov

³¹ **Vacunausted. Para profesionales de la salud.** Sanofi-Pasteur, Sanofi-Aventis. México, 2013.

aguda grave que se suele caracterizar por la aparición súbita de fiebre, debilidad intensa y dolores musculares, de cabeza y de garganta, lo cual va seguido de vómitos, diarrea, erupciones cutáneas, disfunción renal y hepática y, en algunos casos, hemorragias internas y externas.

HISTORIA

El virus se detectó por vez primera en 1976 en dos brotes simultáneos ocurridos en Nzara (Sudán) y Yambuku (República Democrática del Congo). La aldea en que se produjo el segundo de ellos está situada cerca del río Ébola, que da nombre al virus.

El género *Ebolavirus* es, junto con los géneros *Marburgvirus* y *Cuevavirus*, uno de los tres miembros de la familia *Filoviridae* (filovirus). El género *Ebolavirus* comprende cinco especies distintas:

- *Ebolavirus Bundibugyo* (BDBV)
- *Ebolavirus Zaire* (EBOV)
- *Ebolavirus Reston* (RESTV)
- *Ebolavirus Sudan* (SUDV)
- *Ebolavirus Tai Forest* (TAFV)

Las especies BDBV, EBOV y SUDV son las que

se han asociado a los grandes brotes de Ébola en África.

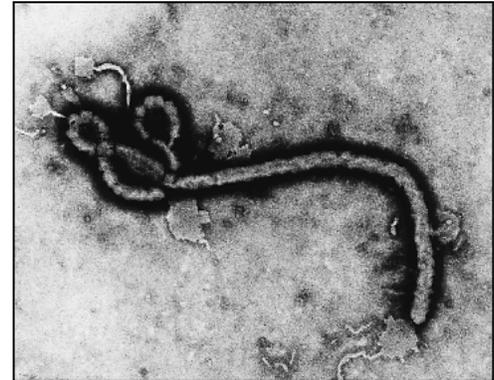


Imagen 22. Micrografía del virus del ébola
(Fuente: Stanford Press)

TRANSMISIÓN

El virus del Ébola se introduce en la población humana por contacto estrecho con órganos, sangre, secreciones u otros líquidos corporales de animales infectados con el virus. En África se han documentado casos de infección asociados a la manipulación de chimpancés, gorilas, murciélagos frugívoros, monos, antílopes y puercoespines infectados que se habían encontrado muertos o enfermos en la selva. Posteriormente, el virus se propaga en la comunidad mediante la transmisión de persona a persona, por contacto directo (a través de las membranas mucosas o de soluciones de continuidad de la piel) con órganos, sangre, secreciones, u otros líquidos corporales de personas infectadas, o por contacto indirecto con materiales contaminados por dichos líquidos.

TRATAMIENTO

No hay vacuna contra la Ébola. Se están probando varias, pero ninguna está aún disponible para uso clínico. Los casos graves requieren cuidados intensivos. Los enfermos suelen estar deshidratados y necesitan rehidratación por vía intravenosa u oral con soluciones que contengan electrolitos. Tampoco hay ningún tratamiento específico, aunque se están evaluando nuevos tratamientos farmacológicos.

PREVENCIÓN

A falta de un tratamiento eficaz y de una vacuna humana, la concienciación sobre los factores de riesgo de esta infección y sobre las medidas de protección que las personas pueden tomar es la única forma de reducir el número de infecciones y muertes humanas. Para reducir los riesgos, las medidas de prevención deben centrarse en varios factores:

- Reducir el riesgo de transmisión de animales salvajes al ser humano a consecuencia del contacto con murciélagos de la fruta o monos o simios infectados y del consumo de su carne cruda. Deben utilizarse guantes y otras prendas protectoras apropiadas para manipular animales. Sus productos (sangre y carne) deben estar bien cocidos antes de consumirlos.
- Reducir el riesgo de transmisión de persona a persona en la comunidad a consecuencia del contacto directo o estrecho con pacientes infectados, especialmente con sus líquidos corporales. Hay que utilizar guantes y equipo de protección personal adecuado para atender a los enfermos en el hogar. Es necesario lavarse las manos con regularidad tras visitar a enfermos en el hospital, así como después de cuidar a enfermos en el hogar.



Imagen 23. Sujeto con ictericia, padecimiento que causa la presencia de ojos amarillos (Fuente: Oklahoma State Department of Health)

Hepatitis

La hepatitis es una inflamación del hígado causada generalmente por una infección vírica. Se conocen cinco tipos principales de virus de la hepatitis, designados como A, B, C, D y E. Estos son los que mayor preocupación generan debido a la gran morbilidad y mortalidad que conllevan y a su potencial para causar



brotos y propagarse de forma epidémica. En particular, los tipos B y C dan lugar a una afección crónica en cientos de millones de personas y son en conjunto la causa más común de cirrosis y cáncer hepáticos.

TRANSMISIÓN

La hepatitis A y la E son causadas generalmente por la ingestión de agua o alimentos contaminados. Las hepatitis B, C y D se producen de ordinario por el contacto con humores corporales infectados. Son formas comunes de transmisión de estos últimos la transfusión de sangre o productos sanguíneos contaminados, los procedimientos médicos invasivos en que se usa equipo contaminado y, en el caso de la hepatitis B, la transmisión de la madre al niño en el parto o de un miembro de la familia al niño, y también el contacto sexual.³² Aunque a veces es asintomática o se acompaña de pocos síntomas, la infección aguda puede manifestarse en forma de ictericia (coloración amarillenta de la piel y los ojos), orina oscura, cansancio intenso, náuseas, vómitos y dolor abdominal.

TRATAMIENTO

No hay ningún tratamiento específico para la hepatitis A, B y E. Los síntomas pueden remitir lentamente, a lo largo de varias semanas o meses. El tratamiento persigue el bienestar y el equilibrio nutricional del paciente, incluida la rehidratación tras los vómitos y diarreas. En la hepatitis C no siempre se requiere tratamiento, ya que en algunas personas la respuesta inmunitaria elimina la infección espontáneamente. Cuando el tratamiento es necesario, el objetivo es la curación. La tasa de curación depende de algunos factores tales como la cepa del virus y el tipo de tratamiento que se dispensa.

PREVENCIÓN

La mejora del saneamiento, la inocuidad de los alimentos y la vacunación son las medidas más eficaces para combatir la hepatitis A. En el caso de la hepatitis B, la vacuna es el principal pilar de la prevención de esta enfermedad. No hay vacunas para prevenir la infección de la hepatitis C, por lo que la prevención consiste en



Imagen 24. Bebé siendo vacunado contra la hepatitis B (Fuente: CDC)

³² **Información general acerca de la hepatitis.** Organización Mundial de la Salud. Disponible en la web: www.who.org

reducir el riesgo de exposición al virus en entornos de atención sanitaria; en los grupos de población de alto riesgo, por ejemplo, las personas que consumen drogas inyectables; y en los contactos sexuales riesgosos. El riesgo de infección y transmisión de la hepatitis E se puede reducir garantizando la calidad de los sistemas públicos de suministro de agua y estableciendo sistemas adecuados de eliminación de los residuos sanitarios.

Estos virus representan un importante riesgo sanitario mundial, reflejado en los 240 millones de personas que padecen infección crónica con el virus de la hepatitis B, y unos 150 millones con el de la hepatitis C. El 28 de julio de cada año, la OMS y sus asociados conmemoran el Día Mundial contra la Hepatitis con el objetivo de acrecentar la sensibilización y la comprensión de la hepatitis viral y las enfermedades que provoca.

Malaria (Paludismo)

El paludismo, o malaria, es una enfermedad potencialmente mortal causada por parásitos que se transmiten al ser humano por la picadura de mosquitos infectados. En 2012, el paludismo causó cerca de 627 mil muertes, sobre todo en niños africanos. Entre los síntomas del paludismo destacan la fiebre, las cefaleas y los vómitos, que generalmente aparecen 10 a 15 días después de la picadura del mosquito. En el organismo humano, los parásitos se multiplican en el hígado y después infectan los glóbulos rojos. Si no se trata, el paludismo puede poner en peligro la vida del paciente en poco tiempo, pues altera el aporte de sangre a órganos vitales.

HISTORIA

Los estudios científicos sobre la malaria hicieron su primer avance de importancia en 1880,



Imagen 25. *Plasmodium* encontrado en células sanguíneas (Fuente: CDC)

cuando el médico militar francés *Charles Louis Alphonse Laveran*, trabajando en Argelia, observó parásitos dentro de los glóbulos rojos de personas con malaria. Propuso por ello que la malaria la causaba un protozooario, siendo la primera vez que se identificó a un protozooario

como causante de una enfermedad.³³ Por este y otros descubrimientos subsecuentes, se le concedió el Premio Nobel en Fisiología o Medicina en 1907. Al protozooario en cuestión se le denominó *Plasmodium*. Un año después, *Carlos Finlay*, médico cubano que trataba pacientes con fiebre amarilla en la Habana, sugirió que eran los mosquitos quienes transmitían la enfermedad de un humano a otro.

TRANSMISIÓN

El paludismo es causado por parásitos del género *Plasmodium* que se transmiten al ser humano por la picadura de mosquitos infectados del género *Anopheles*, los llamados vectores del paludismo, que pican sobre todo entre el anochecer y el amanecer. Estos mosquitos se crían en agua dulce de poca profundidad (charcos, campos de arroz o huellas de animales). La transmisión es más intensa en lugares donde los vectores tienen una vida relativamente larga que permite que el parásito tenga tiempo para completar su desarrollo en el interior del mosquito, y cuando el vector prefiere picar al ser humano antes que a otros animales. La transmisión también depende de condiciones climáticas que pueden modificar el número y la supervivencia de los mosquitos, como el régimen de lluvias, la temperatura y la humedad. En muchos lugares la transmisión es estacional, alcanzando su máxima intensidad durante la estación lluviosa e inmediatamente después.

TRATAMIENTO

El diagnóstico y el tratamiento temprano del paludismo atenúan la enfermedad, evitan la muerte y contribuyen a reducir la transmisión. La mejor opción terapéutica disponible, especialmente en el caso del paludismo por *P. falciparum*, es el tratamiento combinado de dos o más antimaláricos con diferentes mecanismos de acción basado en la artemisinina.³⁴

PREVENCIÓN

La lucha antivectorial es el medio principal de reducir la transmisión del paludismo en la comunidad. Se trata de la única intervención que puede reducir la transmisión de niveles muy elevados a niveles cercanos a cero. Actualmente, no hay ninguna vacuna autorizada contra

³³ **Biography of Alphonse Laveran.** The Nobel Foundation. Nobel foundation. Disponible en la web: www.nobelprize.org

³⁴ **Directrices para el tratamiento de la malaria.** Organización Panamericana de la salud. 2ª Edición. USA, 2010.

el paludismo u otro parásito humano alguno. La investigación sobre una vacuna contra el paludismo por *P. falciparum*, conocida como RTS, S/AS01, está muy avanzada. En este momento, la vacuna es objeto de evaluación mediante un gran ensayo clínico que se lleva a cabo en siete países africanos.³⁵

Meningitis

La meningitis meningocócica es una infección bacteriana grave de las membranas que rodean el cerebro y la médula espinal. Puede causar importantes daños cerebrales y es mortal en el 50%



Imagen 26. Infante infectado por *N. meningitidis*, bacteria causante de la meningitis meningocócica (Fuente: OMS)

de los casos no tratados. Hay diferentes bacterias causantes de meningitis. *Neisseria meningitidis* es una de ellas, y puede causar grandes epidemias. Se han identificado 12 serogrupos de *Neisseria meningitidis*, cinco de los cuales (A, B, C, W135 y X) pueden causar epidemias. Los síntomas más frecuentes son rigidez de nuca, fiebre elevada, fotosensibilidad, confusión, cefalea y vómitos. La meningitis bacteriana puede producir daños cerebrales, sordera o discapacidad de aprendizaje en un 10 a 20% de los supervivientes.

TRANSMISIÓN

La bacteria se transmite de persona a persona a través de pequeñas gotas de secreciones respiratorias o de la garganta. La propagación de la enfermedad se ve facilitada por el contacto estrecho y prolongado con una persona infectada como besos, estornudos, tos, dormitorios colectivos, vajillas y cubiertos compartidos. *Neisseria meningitidis* solo infecta al ser humano; por lo que no hay reservorios animales. Hay personas que son portadoras faríngeas de la bacteria, que a veces, por razones no totalmente esclarecidas, puede superar las defensas del organismo y propagarse al cerebro a través del torrente sanguíneo. Aunque nuestros conocimientos tienen lagunas, se cree que un 10 a 20% de la población es portadora de *Neisseria meningitidis*, aunque la tasa de portadores puede ser más elevada en situaciones epidémicas.

³⁵ Goldberg, E. **Child malaria vaccine may be available in 2015.** *The Huffington Post*. Published 31.Jul.14.

TRATAMIENTO

La enfermedad meningocócica puede ser mortal y debe considerarse siempre como una urgencia médica. Hay que ingresar al paciente en un hospital o centro de salud, aunque no es necesario aislarlo. El tratamiento antibiótico apropiado debe comenzar lo antes posible. Se pueden utilizar diferentes antibióticos, como la penicilina, ampicilina, cloranfenicol y ceftriaxona. En condiciones epidémicas en zonas de África con escasos recursos e infraestructura sanitaria deficiente los fármacos de elección son el cloranfenicol oleoso o la ceftriaxona, pues se ha demostrado la eficacia de una dosis única frente a la meningitis meningocócica.

PREVENCIÓN

Hoy día, se cuenta con tres tipos de vacunas:³⁶

- Las vacunas a base de **polisacáridos** están disponibles desde hace más de 30 años.
- Las vacunas contra el meningococo del grupo B desarrolladas en Cuba, Noruega y los Países Bajos a base de **proteínas** de la membrana externa.
- Las vacunas **conjugadas** contra el meningococo del grupo C que han sido ampliamente utilizadas desde 1999.

Tétanos

El tétanos es una enfermedad bacteriana infecciosa causada por *Clostridium tetani*. En condiciones anaerobias favorables, como en heridas sucias y necróticas, este bacilo ubicuo puede producir tetanoespasmina, una



Imagen 27. Curvatura espasmódica del cuerpo denominada opistótono en enfermos de tétanos. (Fuente: CDC).

neurotoxina extremadamente potente que bloquea los neurotransmisores inhibidores del sistema nervioso central y provoca la rigidez muscular y espasmos característicos del tétanos

³⁶ **Meningitis Vaccine Project.** World Health Organization. PATH, 2014.



generalizado. La enfermedad puede afectar a cualquier grupo de edad, y las tasas de letalidad son altas incluso cuando se dispone de medios avanzados de cuidados intensivos. La inmensa mayoría de los casos de tétanos están asociados al nacimiento y se producen en países en desarrollo; afectan a los recién nacidos o a sus madres tras un parto o una atención postnatal en condiciones higiénicas deficientes.

HISTORIA

Existen datos antiguos desde el siglo V a. C. en los que se describe al tétanos. Hipócrates fue el primero que describió los síntomas del tétanos como hipercontracción de músculos esqueléticos en un marinero.

La toxina del tétanos fue descubierta por Knud Faber en 1899, condición previa para el éxito del desarrollo de la vacuna. Desde entonces, el bacilo *C. tetani* se ha aislado en la tierra, en heces e intestinos de caballos, ovejas, ganado bovino, ratas, perros, conejillos de indias y pollos. Sus esporas se pueden encontrar en la tierra y en la superficie de la piel (tanto la de animales como humanos) y debajo de las uñas.

La inmunización pasiva contra el tétanos se llevó a cabo masivamente por primera vez durante la Primera Guerra Mundial.

TRANSMISIÓN

C. tetani es un bacilo estrictamente anaerobio esporulante. Las esporas están extendidas en el ambiente, sobre todo en los suelos de las zonas cálidas y húmedas, y pueden estar presentes en el tracto intestinal de seres humanos y animales. Cuando se introducen en heridas que evolucionan a necróticas, las esporas del *C. tetani* pueden convertirse en bacilos productores de la toxina. En algunos casos, no se conoce el lugar de entrada del microorganismo o ya no es visible cuando se producen los síntomas.

El tétanos materno es una consecuencia de la práctica de partos o abortos en condiciones higiénicas deficientes, y el tétanos neonatal se debe a la utilización de instrumentos sucios para cortar el cordón umbilical o de material contaminado para cubrir el extremo umbilical de

bebés que no tienen concentraciones protectoras de anticuerpos específicos contra el tétanos.³⁷

TRATAMIENTO

Casos leves de tétanos son tratados con la administración de inmunoglobulinas, también denominadas anticuerpos anti-tétanos o antitoxina tetánica, junto con antibiótico para bacterias anaerobias como el metronidazol y un antiespasmódico muscular. En el caso de pacientes severamente afectados por el tétanos se adiciona a lo anterior la administración de magnesio intravenoso como método de disminución de los espasmos musculares.

PREVENCIÓN

La protección contra el tétanos es dependiente de anticuerpos y sólo puede lograrse mediante la inmunización activa (vacuna antitetánica) o pasiva (inmunoglobulina antitetánica específica). Las vacunas contra el tétanos se basan en el toxoide tetánico, una neurotoxina modificada que induce la formación de una antitoxina protectora. La madre inmunizada transfiere la antitoxina al feto a través de la placenta, evitando de ese modo el tétanos neonatal. Existen varios tipos de vacunas que contienen el toxoide tetánico: las que únicamente contienen dicho toxoide (TT), las que contienen además el toxoide diftérico, ya sea en dosis normal (DT) o en dosis baja (dT) y las vacunas combinadas contra el tétanos, la difteria y la tos ferina (DTwP, DTaP, dTaP o dTap).³⁸

Tuberculosis

La tuberculosis es una enfermedad infecciosa que suele afectar a los pulmones y es causada por la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*. La infección por *M. tuberculosis* suele ser asintomática en personas sanas, dado que su sistema inmunitario actúa formando



Imagen 28. Radiografía de tórax de paciente con tuberculosis (Fuente: Oxford Immuno Tec).

³⁷ Vandelaer, J.; Birmingham, M.; et al. **Tetanus in developing countries: an update on the Maternal and Neonatal Tetanus Elimination Initiative**. *Vaccine* 21 (24): 3442–5. July 28, 2003.

³⁸ **WHO Positioning Document. Antitetanic vaccine**. World Health Organization. Geneva, 2012.



una barrera alrededor de la bacteria. Los síntomas de la tuberculosis pulmonar activa son tos, a veces con esputo que puede ser sanguinolento, dolor torácico, debilidad, pérdida de peso, fiebre y sudoración nocturna. La tuberculosis es la segunda causa mundial de mortalidad, después del sida, causada por un agente infeccioso.

HISTORIA

Es considerada una de las primeras enfermedades humanas de las que se tiene constancia. Aunque se estima una antigüedad entre 15,000 y 20,000 años, se acepta que el microorganismo que la origina evolucionó de otros microorganismos más primitivos dentro del propio género *Mycobacterium*.³⁹

TRANSMISIÓN

La infección se transmite de persona a persona a través del aire. Cuando un enfermo de tuberculosis pulmonar tose, estornuda o escupe, expulsa bacilos tuberculosos al aire. Basta con que una persona inhale unos pocos bacilos para quedar infectada. Las personas infectadas con el bacilo tuberculoso tienen un riesgo a lo largo de la vida de enfermar de tuberculosis de un 10%. Sin embargo, este riesgo es mucho mayor para las personas cuyo sistema inmunitario está dañado, como ocurre en casos de infección por el VIH, desnutrición o diabetes, o en quienes consumen tabaco.

TRATAMIENTO

La tuberculosis es una enfermedad que se puede tratar y curar. La forma activa que es sensible a los antibióticos se trata con una combinación estándar de cuatro de estos medicamentos administrada durante seis meses.

PREVENCIÓN

Se previene mediante una vida sana e higiénica, identificando oportunamente a los enfermos y asegurando su curación para no contagiar a otras personas, principalmente por medio de la vacunación con vacuna BCG. Intensos esfuerzos aún son necesarios para hacer

³⁹ Rothschild B, et al. **Mycobacterium tuberculosis complex DNA from an extinct bison dated 17,000 years before the present.** Clinical Infections Diseases, Volumen 33. USA, 2001.

que la atención de calidad sea accesible a todos, sin importar el género, la edad, el tipo de enfermedad, el entorno social y la capacidad de pago.

VIH

El virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) infecta a las células del sistema inmunitario, alterando o anulando su función. La infección produce un deterioro progresivo del sistema inmunitario, con la consiguiente "inmunodeficiencia". Se considera que el sistema inmunitario es deficiente cuando deja de poder cumplir su función de lucha contra las infecciones y enfermedades. El síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) es un término que se aplica a los estadios más avanzados de la infección por VIH y se define por la presencia de alguna de las más de 20 infecciones oportunistas o de cánceres relacionados con el VIH.

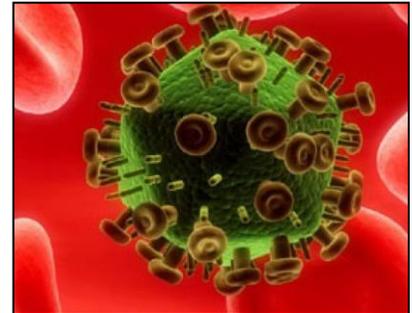


Imagen 29. Diseño 3D del VIH
(Fuente: AIDS.gov)

TRANSMISIÓN

El VIH se puede transmitir por el contacto con diversos líquidos corporales de personas infectadas, como la sangre, la leche materna, por las relaciones sexuales vaginales, anales u orales con una persona infectada, la transfusión de sangre contaminada o el uso compartido de agujas, jeringuillas u otros instrumentos punzantes. Asimismo, puede transmitirse de la madre al hijo durante el embarazo, el parto y la lactancia. No es posible contagiarse a resultas de contactos de tipo corriente y cotidiano como puedan ser los besos, abrazos o apretones de manos o por el hecho de compartir objetos personales, alimentos o bebidas.

TRATAMIENTO

El VIH se puede combatir mediante una politerapia que comprenda tres o más antirretrovíricos. Aunque no cura la infección por VIH, este tipo de tratamiento controla la replicación del virus dentro del organismo del sujeto y contribuye a fortalecer su sistema inmunitario, restableciendo así su capacidad para combatir infecciones. El tratamiento antirretrovírico permite a las personas afectadas por el VIH llevar una vida sana y productiva.

PREVENCIÓN

Las personas pueden reducir el riesgo de infección por el VIH limitando su exposición a los factores de riesgo. Los principales métodos para prevenir el contagio, a menudo utilizados de manera combinada, incluyen los que siguen:

- Uso adecuado de preservativos con un efecto protector del 85% o más contra la transmisión del VIH y otras infecciones de transmisión sexual.
- Pruebas de detección y asesoramiento en relación con el VIH y las ITS.
- Circuncisión masculina voluntaria.

Viruela

La viruela fue una enfermedad infecciosa grave, contagiosa, causada por el *Variola virus*, que en algunos casos podía causar la muerte. Según la OMS, la viruela, junto con la peste bovina, son las únicas enfermedades que han sido totalmente erradicadas de la naturaleza por el ser humano.

HISTORIA

La viruela era causada por el virus *Variola* que surgió en las poblaciones humanas en torno al año 10.000 a.C. Durante miles de años han ocurrido ocasionalmente epidemias de viruela, sin embargo, después de un exitoso programa de vacunación mundial promovido por la Unión Soviética se logró erradicar la enfermedad. En los Estados Unidos, el último caso de viruela se registró en 1949, mientras que el último caso ocurrido en forma natural en el mundo fue en Somalia en 1977.⁴⁰

TRANSMISIÓN

Para que la viruela se contagiase de una persona a otra, hacía falta que estuvieran en contacto directo y prolongado, cara a cara. La viruela también podía transmitirse por medio del contacto directo



Imagen 30. Niño presentando erupciones características de la viruela (Fuente: MedicineNet).

⁴⁰ Programa de erradicación de la viruela (1966 – 1980). World Health Organization. Mayo, 2010.

con fluidos corporales infectados o con objetos contaminados, tales como sábanas, fundas o ropa. Rara vez el virus de la viruela se ha propagado transportado por el aire en sitios cerrados como edificios, autobuses y trenes. Los seres humanos eran los únicos portadores naturales del virus de la viruela. No se conocen casos de viruela transmitidos por insectos o animales.

TRATAMIENTO

No existe un fármaco específico para el tratamiento de la viruela. Se pueden suministrar antibióticos para las infecciones que ocurren en personas que tengan esta enfermedad. Tomar anticuerpos contra una enfermedad similar a la viruela (inmunoglobulina de variolovacuna) puede ayudar a acortar la duración de la enfermedad.

PREVENCIÓN

En 2010 se celebra el 30 aniversario de la erradicación de la viruela. La viruela fue declarada oficialmente erradicada en 1980, y es la primera enfermedad combatida a escala mundial. Este éxito extraordinario se logró gracias a la colaboración de países de todo el mundo.

A finales de los años sesenta, la viruela era aún endémica en África y Asia. Las campañas de vacunación, la vigilancia y las medidas de prevención emprendidas para contener los focos epidémicos, así como la mejor información suministrada a las poblaciones afectadas, fueron todas ellas estrategias utilizadas para combatir la enfermedad.



Imagen 31. Imagen de la campana mundial de vacunación contra la viruela (Imagen: OMS)

Sistema Inmunológico y Vacunas

El sistema inmunológico es la defensa natural del cuerpo contra las infecciones. Por medio de una serie de procesos, el cuerpo humano combate y destruye organismos infecciosos invasores antes de que estos causen daño. Cuando el sistema inmunológico funciona adecuadamente, protege de infecciones que causan enfermedades.

El sistema inmunológico se compone principalmente de leucocitos (neutrófilos, eosinófilos, basófilos, linfocitos y monocitos), anticuerpos, células T, citosinas, macrófagos, entre otros componentes que ayudan a su funcionamiento⁴¹; así como de una serie de órganos y tejidos ampliamente repartidos por todo el cuerpo. Funcionalmente, los órganos se clasifican en primarios y secundarios. Los primarios son la médula ósea y el timo, los cuales proporcionan el microambiente para la maduración de los linfocitos.

Los órganos secundarios son los ganglios linfáticos y el bazo, en donde las células inmunitarias maduran para ser capaces de capturar el microorganismo o antígeno.

El sistema inmunológico protege al organismo de las infecciones con varias líneas de defensa. Las más simples son las barreras físicas como la piel y la mucosa, las cuales evitan que patógenos como bacterias y virus entren en el organismo.

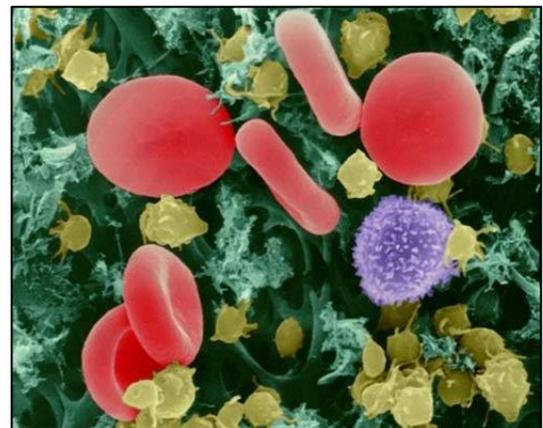


Imagen 32. Micrografía que muestra eritrocitos (rojo), linfocitos (amarillo) y células T (morado) (Fuente: Harvard Press).

⁴¹ Pancer Z, Cooper MD. **The evolution of adaptive immunity**. Annual Review of Immunology 24, 2006. Pp. 497–518

Si un microorganismo penetra las barreras físicas, el sistema inmunológico activará una respuesta inmune inmediata, la cual no será específica para el patógeno que haya ingresado, a la cual se le denomina **respuesta inmune innata**.

La respuesta inmune innata es la primera línea de defensa contra patógenos invasores

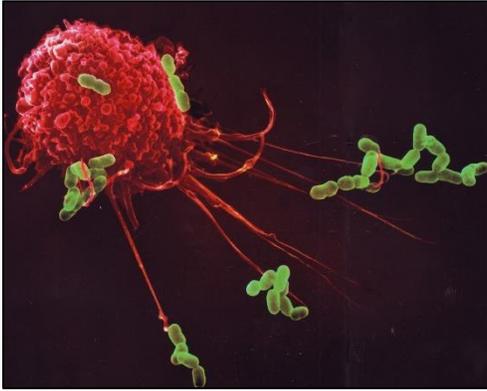


Imagen 33. Bacterias atrapadas en membrana de macrófago (Fuente: Blaze Press).

mediada por monocitos, macrófagos y células dendríticas que dan una respuesta rápida y directa sobre el patógeno a través del reconocimiento de constituyentes microbianos o virales altamente inmunogénicos denominados **antígenos**, lo que desencadena una respuesta celular y humoral caracterizada por la activación de neutrófilos, células endoteliales, monocitos, macrófagos y la síntesis de citosinas proinflamatorias, todo lo anterior para lograr el control de la infección.⁴²

Toda esta reacción inmune puede ser desencadenada gracias al reconocimiento de estructuras microbianas altamente inmunogénicas como lipopolisacáridos, peptidoglicano, ácido lipoteicoico, lipoproteínas, DNA, glicolípidos, fragmentos de pared celular, entre otros. Todos los anteriores reciben el nombre de patrones moleculares asociados a patógenos (*PAMPs*, por sus siglas en inglés), los cuales pueden ser identificados por los receptores de reconocimiento de patrones (*PPR*, por sus siglas en inglés) localizados en las células del sistema inmunológico, los cuales han sido seleccionados a través del curso de la evolución de la especie como mecanismos de defensa.

La inmunidad innata en el humano, una vez activada por un proceso infeccioso, induce la síntesis de interleucinas conocidas genéricamente como citosinas, las cuales son moléculas de bajo peso molecular de naturaleza proteica secretadas por las células al espacio extracelular donde tienen efecto proinflamatorio (como el caso de la IL-1)⁴³, además de fungir como señalización química para la diferenciación celular, inducción de la producción de

⁴² Carrillo-Esper, R. **Inmunidad innata, receptores Toll y sepsis**. Cirujía y cirujanos. Vol. 71, 3 México, 2010.

⁴³ Hunter CA. **New IL-12-family members: IL-23 and IL-27, cytokines with divergent functions**. Nat Rev Immunology. 2005, 5: 521-31.

inmunoglobulinas, como pirógenos (como el caso de la IL-6)⁴⁴; o la señalización de inicio del proceso apoptótico (como el caso del *TNF*, factor de necrosis tumoral)⁴⁵. Los monocitos, macrófagos, células cooperadoras y células dendríticas también son activadas durante el proceso que es parte fundamental de la respuesta inflamatoria sistémica, que tiene como finalidad limitar el proceso infeccioso e iniciar la reparación tisular.⁴⁶

Si el agente patógeno es capaz de evadir la respuesta innata, el humano posee un tercer mecanismo de defensa, que es el **sistema inmunológico adaptativo**. Este sistema es aquel que es capaz de adaptar su respuesta inmune durante la infección a través del reconocimiento específico del agente patógeno por medio del establecimiento de la **memoria inmunológica**, donde cada patógeno es "recordado" por algún antígeno característico y propio de ese patógeno en particular.⁴⁷ La información sobre esta respuesta mejorada se conserva aún después de que el agente patógeno haya sido eliminado, bajo la forma de **memoria inmunológica**, y permite que el sistema inmunológico adaptativo desencadene ataques más rápidos y más fuertes si en el futuro se detecta la intrusión de este mismo patógeno.

El proceso inmunológico adaptativo funciona de la siguiente manera:

1. Un agente infeccioso entra en el cuerpo. El sistema inmunológico debe estar siempre alerta para detectar y atacar al agente infeccioso antes de que cause daño.
2. La primera línea de defensa del cuerpo es un grupo de células llamadas macrófagos y células dendríticas. Estas células circulan por la corriente sanguínea y en los tejidos del cuerpo. Cuando un invasor logra entrar al organismo, estas células rápidamente lo detecta y lo captura dentro de la célula (fagocitosis).

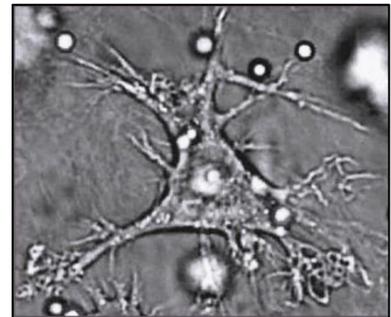


Imagen 34. Micrografía de célula dendrítica (Fuente: Rockefeller Press).

⁴⁴ Smith PL, Lombardi G, Foster GR. **Type I interferons and the innate immune response--more than just antiviral cytokines**. *Mol Immunol*. 2005, 42: 869-77.

⁴⁵ Waltenbaugh C, Doan T, Melvold R, Viselli S. **Immunology**. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins. USA, 2008.

⁴⁶ Carrillo-Esper, R. **Inmunidad innata, receptores Toll y sepsis**. *Cirujía y cirujanos*. Vol. 71, 3 México, 2010.

⁴⁷ Pancer, Z. Cooper M. **The evolution of adaptive immunity**. *Annu Rev Immunology*. 2008. Pp. 497-518.

3. Enzimas en el interior del macrófago o la célula dendrítica desintegran al agente infeccioso procesándolo en pequeñas fracciones proteicas denominadas **péptidos antigénicos**. En ocasiones, este proceso por sí solo es suficiente para eliminar al invasor. Sin embargo, en la mayoría de los casos, otras células del sistema inmunológico deben unirse a la defensa.
4. Los **péptidos antigénicos** dentro del macrófago o la célula dendrítica se unen a moléculas llamadas **antígenos leucocitarios humanos (HLA, por sus siglas en inglés)**.
5. La molécula de *HLA* unida a al péptido antigénico se denomina **complejo antigénico**, el cual es ubicado en la superficie de la célula fagocitaria para realizar la presentación del antígeno a células T de clase CD4 (cooperadores).
6. Células denominadas linfocitos T de clase CD4 (cooperadores) que se encuentran en circulación, pueden entonces reconocer e interactuar con el **complejo antigénico** que se encuentra en la superficie del macrófago o la célula dendrítica a través del Receptor de Linfocito T (*TCR, por sus siglas en inglés*) gracias a su región variable.
7. Los linfocitos T CD4 envían señales químicas denominadas citosinas. Estas citosinas atraen más linfocitos T CD4 (cooperadores), linfocitos T de clase CD8 (citotóxicos), además de alertar a linfocitos de clase B.
8. Los linfocitos de clase B reconocen e interactúan con el antígeno presentado por los linfocitos T CD4. El antígeno es ingresado, procesado y presentado por los linfocitos B

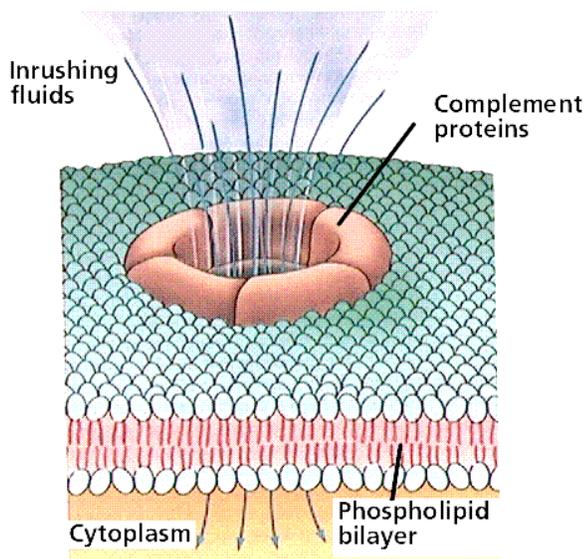


Imagen 35. Esquema de Vía del Complemento
(Fuente: Estrella Mountain Community College)

a los linfocitos T cooperadores, los cuales liberan linfoquinas y con ello activan a otros linfocitos B.

9. Los linfocitos B activados comienzan a reproducirse y a segregar millones de copias del **anticuerpo** generado para el antígeno específico reconocido durante el proceso.

10. Los **anticuerpos** se liberan a la circulación sanguínea para encontrar y unir más antígenos, de tal forma que los invasores no se puedan multiplicar e infectar, además que puede fungir

como señalización para la acción destructiva de los fagocitos o de la **vía del complemento**.

La **vía del complemento** se refiere a una cascada bioquímica de más de 20 proteínas con actividad proteolítica y de permeasa que es activada por la presencia de anticuerpos sobre un organismo invasor que concluye con su destrucción.⁴⁸

Siguiendo el tema del sistema inmunológico, llegamos a las bases inmunológicas de las vacunas y la forma en que éstas intervienen el proceso de la respuesta inmune.

La vacunación consiste básicamente en la inducción de una respuesta inmunológica específica por parte de un individuo sano susceptible a la formación de anticuerpos y/o inmunidad mediada por células al recibir la administración de un componente inmunogénico presente en la vacuna. La vacuna puede estar constituida por un microorganismo, una parte de él, o un producto derivado del mismo (antígeno) con el objeto de activar una respuesta inmunológica similar a la que desencadena la infección natural, pero sin peligro que ésta representa.

Al revisar la respuesta inmunológica y su complejo procesamiento del antígeno, se vislumbra la importancia de seleccionar el antígeno adecuado que contendrá la vacuna para generar la respuesta deseada. Las vacunas dirigidas a prevenir **infecciones intracelulares**, como la malaria, infección por VIH, u otros virus, deben ser capaces de generar respuestas **citotóxicas**. Por el contrario, una respuesta **humoral** vigorosa será necesaria para neutralizar toxinas de algunos microorganismos causantes de la difteria o el tétanos, o neutralizar virus circulantes como los enterovirus.⁴⁹

El reconocimiento del antígeno por el linfocito T CD4 no sólo desencadena la **respuesta inmunológica activa**, sino que da lugar a la **memoria inmunológica**, que protegerá al individuo frente a futuras exposiciones a este mismo antígeno. Se cree que los mecanismos de la memoria inmunológica son distintos para la célula T y la célula B. Cuando los linfocitos T CD4 y CD8 reconocen a un antígeno pasan por tres fases:

⁴⁸ Rus H, Cudrici C, Niculescu F. **The role of the complement system in innate immunity**. Immunologic Research 33 (2): 2205. Pag. 103–12.

⁴⁹ Arribas, J. Calbo, F. De Juanes, J. **Guía Práctica de Vacunación**. Fundación para el Estudio de la Infección. España, 2014.



1. Activación y **expansión clonal**

La **expansión clonal** se refiere a la división celular y formación de células hijas capaces de reconocer al antígeno específico que provocó la activación de la célula progenitora.

2. Muerte de las células activadas

Las células T activas, después de cumplir su función, deben ser destruidas ya que, debido a las potentes linfocinas que secretan, representan un peligro para el organismo. Esta destrucción se realiza por muerte celular programada, denominada **apoptosis**.

3. Formación de células T de la memoria.

Una pequeña población de células T activadas sobreviven y originan la población de células de memoria, las cuales estarán listas para reaccionar ante futuras exposiciones al antígeno que reconocen.

La inmunidad puede dividirse en pasiva y activa de acuerdo al origen de los anticuerpos:

La **inmunidad pasiva** se refiere a la transferencia de anticuerpos de un organismo a otro como método profiláctico. Ejemplos de esto son los anticuerpos maternos transferidos al feto a través de la placenta. Todos aquellos tratamientos farmacoterapéuticos que contengan anticuerpos contra antígenos específicos serán ejemplos de inmunidad pasiva; tales como los antisueros (antitoxinas y antivenenos), que se componen de los **anticuerpos** generados por otros organismos ante la exposición del antígeno y que son administrados al humano como terapia inmunológica en casos de mordedura o picadura de animales.

La **inmunidad activa** se refiere a toda la cascada bioquímica desencadenada cuando las células B y las células T son activadas por un patógeno como proceso de la respuesta inmunológica adaptativa. Las **vacunas de origen microbiológico o viral** son ejemplos de esta inmunidad.

Desarrollo Tecnológico de Vacunas

Al conocer las principales enfermedades epidémicas que han surgido a lo largo de la historia de la humanidad, podemos entender la gran importancia que implican los sistemas de prevención de la salud para el adecuado control sanitario de estas, así como evitar su expansión lo más posible.

La vacunación proviene del trabajo realizado por el médico rural **Edward Jenner** en 1796 durante sus experimentos de inoculación de fluidos de vacas infectadas con viruela en el brazo de un niño de ocho años, el cual mostró síntomas de la infección de viruela. Sin embargo a los cuarenta y ocho días posteriores, y al ser inyectado con viruela humana, no mostró ningún síntoma o signo de enfermedad.⁵⁰

Las vacunas son un preparado de **antígenos** que una vez dentro del organismo provoca la **producción de anticuerpos** y con ello una respuesta de defensa ante microorganismos patógenos. Esta respuesta genera, en algunos casos, cierta memoria inmunitaria produciendo inmunidad transitoria frente al ataque del patógeno correspondiente. La palabra fue acuñada por Jenner a partir del latín *vaccīnus*, que significa “vaca”.

Las vacunas son el principal logro de la investigación biomédica y una de las principales causas de la mejora de la salud y la calidad de vida del ser humano.

De acuerdo a la *Organización Mundial de la Salud*, se entiende por vacuna cualquier preparación destinada a generar **inmunidad** contra una enfermedad estimulando la producción de **anticuerpos**. Puede tratarse, por ejemplo, de una suspensión de microorganismos muertos o atenuados, o de productos o derivados de microorganismos. El

⁵⁰ Arana, J. **Historias curiosas de la medicina**. Espasa Calpe. España, 1994.



método más habitual para administrar las vacunas es la inyección, aunque algunas se administran con un vaporizador nasal u oral.

Las vacunas pueden estar compuestas de bacterias o virus, ya sean vivos o debilitados, que han sido criados con tal fin. También pueden contener organismos inactivos o productos purificados provenientes de estos.⁵¹

Vacunas Inactivas

Compuestas de microorganismos que fueron tratados con calor o sustancias químicas que inactivaron su infectividad por lo que son capaces de activar al sistema inmunológico pero no pueden reproducirse en el organismo. Presentan las características:

- Inmunidad generada de corta duración y baja intensidad por lo que se requieren refuerzos.
- Muy a menudo requieren sustancias de origen proteico incorporadas a la formulación que aceleren o potencien la respuesta inmunogénica, denominadas **coadyuvantes**.

Ejemplos de este tipo de vacunas son:

- Poliomiелitis VIPa (Vacuna inyectable de potencia aumentada) o VOP (vacuna oral).
- Cólera BS-WS (vacuna oral completa inactivada por formol y calor + buffer antiácido).
- HAVRIX® (VHA inactivado con formaldehído e hidróxido de aluminio como adyuvante).

Vacunas atenuadas

Compuestas de microorganismos que han sido cultivados bajo condiciones especiales que atenúan sus propiedades patogénicas conservando su estructura. Presentan las características:

- Pueden generar la enfermedad en pacientes inmunocomprometidos.
- Respuesta inmunológica duradera que no requiere refuerzos.

Ejemplos de este tipo de vacunas son:

⁵¹ **The history of vaccines.** The College of Physicians of Philadelphia. 2014. Available at: <http://www.historyofvaccines.org>



- Tuberculosis (bacilos vivos atenuados).
- Sarampión (virus atenuados mediante pases sucesivos en células de embrión de pollo que aceleran su reproducción y velocidad de replicación, con lo cual se busca la pérdida de la patogenicidad de la bacteria).

Vacunas de Toxoides

Compuestas de toxinas inactivadas químicamente (**toxoides**) provenientes del microorganismo propio donde es esta la causante de la enfermedad y no el microorganismo *per se*.

Ejemplos de este tipo de vacunas son:

- Tétanos (toxina tetánica aislada y modificada por la acción de calor y formol, formando un **toxoides**).
- Difteria (toxina diftérica inactivada con formaldehído para generar el toxoide; se adicionan sales de aluminio como adyuvante).

Vacunas Acelulares

Compuestas de una mezcla de componentes subcelulares purificados del patógeno contra el que se desea inmunizar. Generalmente suelen ser proteínas altamente inmunogénicas.

Ejemplos de este tipo de vacunas son:

- Influenza (vacuna con virus fraccionados por detergentes para obtención de antígenos de superficie o subunidades).
- Neumocócica (polisacáridos capsulares de 23 serotipos distintos de neumococos).

Vacunas Recombinantes de Subunidades (hepatitis B)

Utilizando la tecnología del DNA recombinante, se utilizan microorganismos no patógenos a los cuales se les incorpora mediante ingeniería genética, genes de agentes patógenos que codifican para los antígenos capaces de desencadenar la respuesta inmune. Suelen utilizarse microorganismos productores como la *E. coli* o *S. Cerevisiae*, con el objetivo de superproducir y purificar el antígeno, para que sea la base de la vacuna.

Ejemplos de este tipo de vacunas son:

Hepatitis B (obtenida por inserción del gen que codifica para un antígeno de superficie del virus a células de *Sacharomyces cerevisiae* (levadura utilizada en fabricación de cerveza, pan y vinos).

- Vacuna contra Virus de Papiloma Humano (obtenida por inserción del gen que codifica para antígeno de cápside del virus a células de *Trichoplusia ni* (Gusano de la col o Falso medidor, línea celular con excelente expresión proteica).

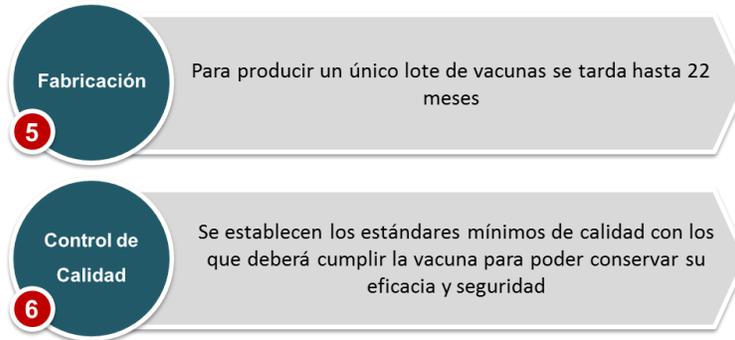


Imagen 36. *Trichoplusia ni* o gusano falso medidor (Fuente: African Moths)

El desarrollo tecnológico que conlleva la fabricación de una vacuna nueva, inicia desde los avances científicos desarrollados en un laboratorio en química, fisiopatología y microbiología; hasta llegar a los procesos industriales de fabricación en masa de las vacunas para la venta y su posterior aplicación a la población.

El desarrollo de una vacuna es un proceso largo y complejo que a menudo tarda de 10 a 15 años, e involucra la participación combinada de organizaciones públicas y privadas.





El desarrollo tecnológico de una vacuna es un proceso complejo que implica desde la obtención del antígeno a través de métodos de inactivación, atenuación, procesamiento químico o ingeniería genética. Posteriormente, debe incluirse la parte farmacéutica, en la cual se definirá la presentación más idónea para su comercialización a partir de las propiedades fisicoquímicas del antígeno. El proceso de obtención de una vacuna, puede describirse de la manera:

GENERACIÓN DEL ANTÍGENO

El primer paso en el proceso de fabricación de vacunas es la generación del **antígeno** que será utilizado para inducir la **respuesta inmunológica**. Este paso incluye el crecimiento y la cosecha del **patógeno** mismo, el cual posteriormente será inactivado o del cual se

aislará alguna **subunidad**, o será utilizado para aislar el gen de algún **subcomponente** de este.



Imagen 37. Células utilizadas como reservorio de virus en el desarrollo de vacunas (Imagen: The College of Physicians of Philadelphia)

En el caso de proteínas recombinantes, estas se pueden fabricar a través de la inserción de genes que codifiquen para ciertos componentes de importancia antigénica del patógeno a células bacterianas o levaduras con capacidades bien definidas que favorezcan el proceso de obtención del antígeno de interés.

Los virus se hacen crecer en cultivos de células; mientras que los patógenos bacterianos y las células modificadas genéticamente se hacen crecer en dispositivos que utilizan un medio de crecimiento desarrollado para optimizar el rendimiento del antígeno mientras se mantiene su integridad.

LIBERACIÓN Y AISLAMIENTO

Posterior a la obtención del antígeno dentro de las células, éste se libera de estas y se aísla del material utilizado para su crecimiento. Las proteínas y otras partes del medio de crecimiento todavía pueden estar presentes, y deben separarse en pasos siguientes. La meta de esta etapa es liberar lo más posible al virus, la bacteria o el componente de interés.

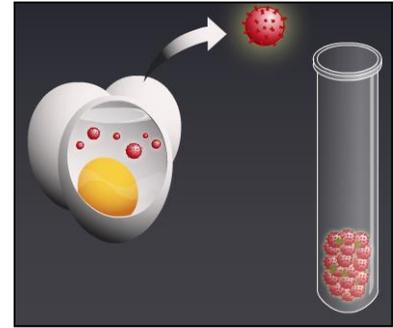


Imagen 38. Aislamiento del virus
(Imagen: The College of Physicians of Philadelphia)



Imagen 39. Purificación de la subunidad
(Imagen: The College of Physicians of Philadelphia)

PURIFICACIÓN

El siguiente paso en la fabricación de vacunas es la purificación del antígeno para vacunas hechas de proteínas recombinantes, lo que involucra métodos cromatográficos y ultrafiltración.

FORMULACIÓN

El siguiente paso consiste en la agregación de un adyuvante, el cual es un material que mejora la respuesta inmunológica de manera no específica. Las vacunas también pueden incluir estabilizadores para prolongar la vida de anaquel del producto terminado, o conservadores para permitir que se usen ampollas de dosis múltiples con seguridad.

PRODUCTO FINAL

El último paso combina todos los componentes que forman la vacuna final y los mezcla uniformemente en un solo recipiente. Posteriormente, la vacuna se coloca en paquetes de ampollas, o jeringas, sellados con tapone o émbolos estériles, y se etiquetan para su distribución. Algunas vacunas se deshidratan por congelación y luego se rehidratan al momento de aplicarlas.



Imagen 40. Proceso de distribución del producto terminado
(Imagen: The College of Physicians of Philadelphia)



Respecto a la historia del desarrollo de las vacunas, podemos identificar en el año de 1796 la primera vacuna desarrollada de manera muy rudimentaria por el científico Jenner para el tratamiento de la viruela. Otras vacunas desarrolladas a lo largo de la historia son:

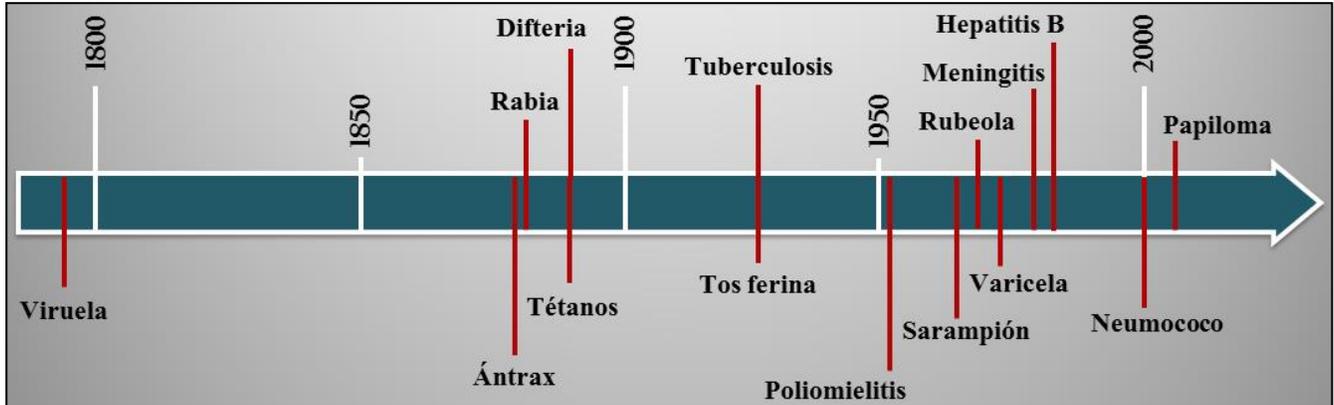


Imagen 41. Cronograma que indica la fecha en la que se desarrollaron algunas de las vacunas más importantes de la historia de la humanidad (Imagen por Benjamín Rodríguez).

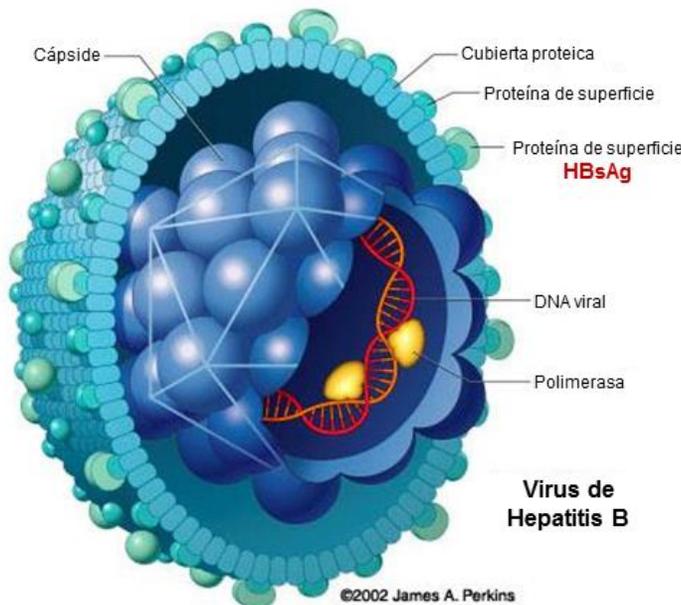


Imagen 42. Esquema del virus de hepatitis B (Imagen: James A. Perkins)

Ahondando un poco más en la obtención de vacunas por medio de métodos de **ingeniería genética**, tenemos el caso de la vacuna contra el virus de la hepatitis B, la cual está compuesta por una glucoproteína de superficie de la cubierta proteica del virus de la hepatitis B, denominada **HBsAg**, que presenta alta actividad antigénica.

Para el desarrollo de esta vacuna, inicialmente se requiere la identificación de la secuencia codificante en el DNA vírico

para la glucoproteína **HBsAg** a partir de la secuenciación de sus aminoácidos.

Posterior a la identificación de esta secuencia en el DNA viral, se procede al aislamiento de esta por medio del uso de enzimas de restricción. Las enzimas de restricción o endonucleasas tipo II se caracterizan por su habilidad para reconocer una secuencia usualmente de 4 a 6 pares de bases y cortarla específicamente en ambas cadenas de la



molécula de DNA. Si bien existen tres tipos de endonucleasas con características de reconocimiento y de corte del DNA distintas, son las del tipo II las que se utilizan en biología molecular debido a que son capaces de cortar directamente la secuencia que reconocen sin modificarla. Lo importante de este proceso de aislamiento del gen de interés, es que éste

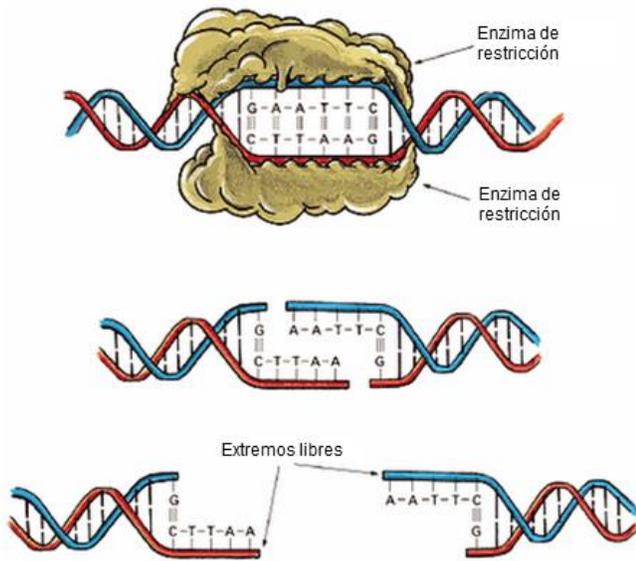


Imagen 43. Esquema del funcionamiento de las enzimas de restricción (Fuente: Wikispaces)

mucho más pequeño presente dentro de las células bacterianas, lo que permite una manipulación más sencilla.

En el caso del uso de virus como vectores, el gen de interés es acoplado al DNA del virus, el cual “infecta” a una célula con su genoma incluyendo el gen de interés. Al ser infectada la célula por el virus, este último utilizará la maquinaria bioquímica de la célula para replicarse, por lo que la proteína será producida cada vez que se replique el virus dentro de la célula hospedera.

Para el caso en el que se utiliza un plásmido como vector, las células se someten a situaciones especiales para favorecer el ingreso del plásmido al interior de la célula (competencia celular por choque térmico con presencia de Ca^{2+}), para que posteriormente pueda llevarse a cabo la replicación del DNA plasmídico y la expresión del gen de interés



Imagen 44. DNA bacteriano y plásmido en bacteria (Fuente: Wikimedia)

quede íntegramente en uno de los fragmentos de DNA obtenidos posterior a la digestión por enzimas de restricción.

El fragmento de DNA con el gen de interés se purifica por medio de algún método físico que asegure su integridad para que posteriormente se realice la inserción de éste en una célula hospedera.

Para realizar el ingreso del gen de interés a la célula hospedera, se utilizan vectores como virus no patógenos o plásmidos, los cuales son cadenas de DNA bacteriano



conforme se replique la célula.

De ambos procedimientos, se obtiene al antígeno como producto secundario de la reproducción celular de la bacteria o del virus, por lo cual debe ser purificado del cultivo celular a través de métodos físicos que aseguren su integridad estructural.

El antígeno purificado está entonces listo para ser procesado a la forma farmacéutica que se defina como ideal para su comercialización. Para favorecer su actividad inmunogénica se le puede adicionar algún adyuvante como hidróxido de aluminio, además algún componente que mejore su estabilidad fisicoquímica como soluciones buffer y otros que alarguen su vida de anaquel.

Las células ampliamente utilizadas para los procesos de ingeniería genética a nivel industrial son algunas cepas no patógenas de *Escherichia coli* y de *Sacharomyces cerevisiae* debido a su facilidad de cultivo y alta tasa de crecimiento.

La presentación y vía de administración de las vacunas es poco variada, lo cual depende principalmente del desarrollo tecnológico del momento en el que se haya desarrollado, las características fisicoquímicas y requerimientos específicos de almacenamiento que requiera el antígeno que contiene la vacuna, así como la edad de los pacientes a los que será administrada.

Hoy en día, las vías de administración más comunes para las vacunas desarrolladas son:

- Oral⁵²
 - Poliomieltis: la administración oral emula el proceso nativo de la infección por el poliovirus.
 - Cólera: se administra en conjunto con buffer de bicarbonato para evitar la descomposición del antígeno por acción de los ácidos gástricos.
 - Tifoidea: presentación en cápsulas de gelatina dura con recubrimiento entérico (resisten ácidos gástricos).

⁵² Sack, D., Qadri, F. **Determinantes de las respuestas a vacunas orales en países en vías de desarrollo.** *Annales Nestlé.* Vol. 66. Suiza, 2008. Pág. 71-80.



- Rotavirus: uso de carbonato de calcio como componente de la solución oral para evitar la descomposición del antígeno por acción de los ácidos gástricos.⁵³
- Intramuscular
 - Hepatitis B: se complementa con hidroxifosfato de aluminio y cloruro de sodio para estabilizar al antígeno.⁵⁴
 - Tétanos/Difteria: las toxinas diftérica y tetánica se adsorben en partículas de hidróxido de aluminio para potenciar su actividad inmunogénica.
 - VHP: contiene cloruro de sodio como adyuvante y solución tampón de fosfatos.
- Subcutánea (debajo de la piel)
 - Varicela: utiliza gelatina hidrolizada como estabilizador, además de buffer de fosfatos (monobásico y dibásico).
 - Neumococo: uso de partícula de fosfato de aluminio para adsorber al antígeno.
- Intradérmica (en dermis)
 - Rabia: uso de TRIS (hidroximetil aminometano) como solución tampón para favorecer estabilidad del virus.
 - BCG (antituberculosa): preparación del liofilizado con solución salina isotónica, estabilizado con glutamato de sodio.

En la actualidad, se están desarrollando nuevas presentaciones para la administración de vacunas en el futuro próximo. Uno de los desarrollos farmacéuticos más prometedores en la actualidad es la del diseño de vacunas comestibles. La idea de estas investigaciones en ingeniería genética que utilizan frutas o bacterias lácticas, es desarrollar una manzana, un plátano o un alimento lácteo como la leche o el yogurt, que tenga dentro de su contenido la presencia de una proteína capaz de iniciar la respuesta inmune en el organismo.⁵⁵

⁵³ **Rotarix® Highlights of Prescribing Information.** Food & Drug Administration. US Department of Health & Human Services. USA, 2012.

⁵⁴ **H-B-VAX II. Información para Prescribir.** PLM México. México, 2010.

⁵⁵ H.R. Langridge, W. **Edible Vaccines.** Scientific American, Inc. September 2008. Págs. 66-71.

La idea surge del planteamiento de un equipo de biólogos botánicos que previamente habían realizado experimentos de obtención de proteínas de interés en plantas transgénicas tras la inserción de genes que codificaban para estas.

De la misma forma en que la biotecnología introduce ciertos genes en los vegetales para hacerlos tolerantes a herbicidas o resistentes a sequías y plagas, actualmente se está ensayando la modificación del genoma de algunas plantas comestibles de manera que produzcan ciertas proteínas inmunogénicas (antígenos) del patógeno. De esta forma, cuando las plantas son ingeridas, desencadenan la respuesta inmune que confiere inmunidad contra los agentes patógenos específicos. A través de este procedimiento el tejido vegetal puede emplearse como vacunas comestibles para seres humanos, e incluso, otros animales.

Debido a que en las plantas es posible expresar genes de cualquier origen, incluso aquellos provenientes de virus o de bacterias que desencadenan una respuesta inmune en humanos y otros animales, estos organismos pueden ser usados exitosamente como reactores para la producción de vacunas. Los pasos a seguir para la obtención de una vacuna comestible se explican a continuación:⁵⁶

1. Se realiza la identificación y aislamiento del gen que codifique para una proteína antigénica de un virus o bacteria que sea capaz de desencadenar la respuesta inmunológica.
2. Se realiza la clonación (inserción) del gen junto a otro que le confiera resistencia a algún antibiótico en el vector de elección (plásmido o fago) y se transfecta a la célula vegetal de interés que vaya a utilizarse como reservorio del antígeno. Los métodos de ingreso del vector a la célula vegetal van desde el bombardeo con microproyectiles que contengan el plásmido, hasta la transformación celular mediada por *Agrobacterium tumefaciens*, la cual tiene gran capacidad de transmisión de DNA a



Imagen 45. *A. tumefaciens* adheriéndose a células de zanahoria (Fuente: Wikimedia)

⁵⁶ Mishra, N., Gupta, P., Khatri, K. **Edible vaccines: A new approach to oral immunization.** Indian Journal of Biotechnology. Vol 7, July 2008. Pp. 283-294.

- células vegetales, por lo que es ampliamente utilizada como vehículo óptimo de operaciones de ingeniería genética.
3. Las células vegetales se hacen crecer en un medio con el antibiótico para el cual se cuenta con resistencia en el vector utilizado, en el cual solo crecerán aquellas células que haya sido exitosamente transfectedas con el vector que contiene la resistencia al antibiótico y el gen codificante para el antígeno de interés.
 4. Las células vegetales exitosamente transfectedas deben cultivarse en medios ricos en nutrientes para favorecer su reproducción, de lo cual se obtienen masas de células o callos.
 5. Los callos de células vegetales deben ser cultivados en medios ricos en hormonas y nutrientes que estimulen el crecimiento de raíces y tallos que den lugar a la planta completa. A este proceso se le denomina **organogénesis**.
 6. Finalmente, obtenida la planta completa, se procede a su cuidado para la obtención del fruto, vegetal o parte comestible en la cual se almacenará el antígeno.

Un parámetro importante a tener en cuenta es la elección de la planta a transformar, ya que debe ser simple de cultivar, de crecimiento rápido y preferentemente, debe ser ingerida cruda ya que el calor podría disminuir la capacidad inmunogénica del antígeno que esta contiene.

¿CÓMO OBTENER UNA VACUNA COMESTIBLE?

Una forma de generar una vacuna comestible se basa en la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* y su capacidad de insertar a células vegetales los genes que codifiquen para

“antígenos” bacteriales o víricos – proteínas que desencadenen la respuesta inmunológica. El diagrama ilustra la producción de una vacuna en la papa.

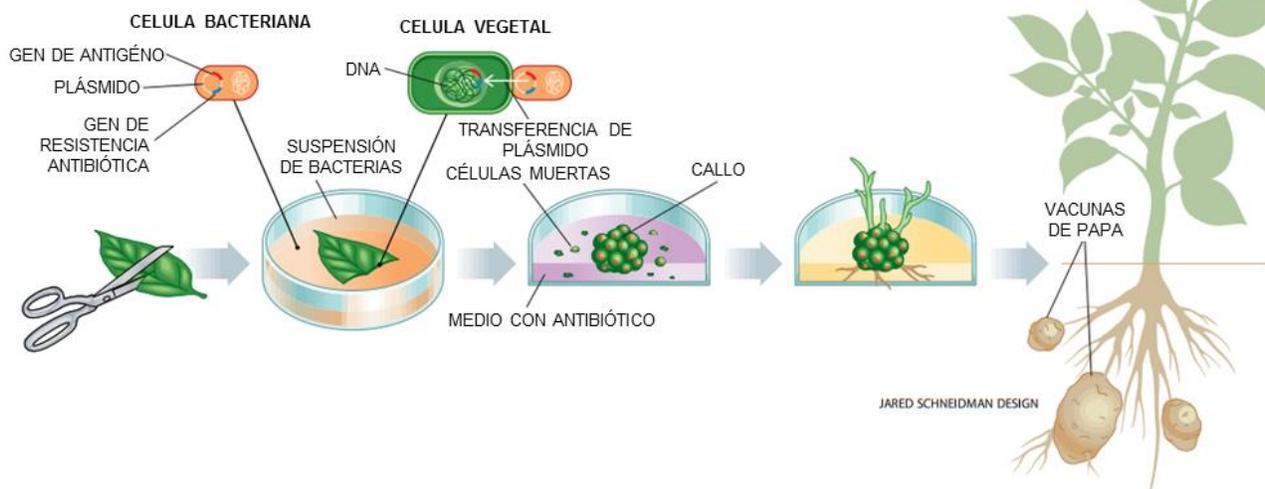


Imagen 46. Diagrama de obtención de vacunas comestibles (Imagen: Jared Scheidman Design)



Muchas aplicaciones potenciales se vislumbran en el desarrollo de vacunas comestibles, por lo que se deberá esperar un tiempo para que estos productos se encuentren disponibles en el mercado. Se espera que dentro de un tiempo las papas, los tomates, los plátanos, la lechuga y la espinaca puedan prevenir enfermedades como la malaria, sarampión, hepatitis B, SIDA, cólera, entre otras. Además de todo lo anterior, las vacunas comestibles representan un gran potencial para los países de tercer mundo, donde los costos de transportación, fallas en la refrigeración y mal uso de agujas dificultan la administración vacunal.

Las vacunas comestibles son un importante avance en el desarrollo de vacunas accesibles con uso potencial en la inmunización de las personas en países en desarrollo, donde el alto costo y los problemas de logística pueden obstruir en la efectividad de los programas de vacunación. La esperanza radica en que las vacunas comestibles podrían ser cultivadas y cosechadas en su mayoría en los países en desarrollo, donde también podrían ser utilizadas sin las complicaciones que hoy presenta el manejo adecuado de las vacunas.

Cobertura Vacunal

Con el objetivo de proporcionar la mejor protección y prevención contra enfermedades de difícil control, se recomienda que los niños sean vacunados tan pronto su sistema inmunitario sea capaz de responder a las vacunas, con las dosis de refuerzo posteriores que sean necesarias. Con este objetivo se elabora a nivel nacional e internacional el calendario común de vacunación infantil, el cual está basado en las recomendaciones definidas por la *Organización Mundial de la Salud*.

Los esquemas de inmunización son personalizados de acuerdo a las necesidades de salud de cada país. Tomando como ejemplo el esquema de inmunización de México, podemos observar que la administración de las vacunas consideradas en el Esquema Nacional de Vacunación, se encuentran distribuidas en los primeros once años de vida, de la siguiente manera:

Esquema Nacional de Vacunación 2014									
Nacimiento	2 meses	4 meses	6 meses	7 meses	12 meses	18 meses	4 años	6 años	11 años
Tuberculosis	Difteria Tétanos Tosferina Poliomielitis Influenza B	Difteria Tétanos Tosferina Poliomielitis Influenza B	Difteria Tétanos Tosferina Poliomielitis Influenza B		Sarampión Rubéola Parotidis	Difteria Tétanos Tosferina Poliomielitis Influenza B	Difteria Tétanos Tosferina	Sarampión Rubéola Parotidis	Papiloma
Hepatitis B	Hepatitis B		Hepatitis B						
	Rotavirus	Rotavirus	Rotavirus						
	Neumococo	Neumococo			Neumococo				
			Influenza	Influenza					
			Influenza Estacional						
			Poliomielitis (oral)						

Imagen 47. Enfermedades combatidas por el Esquema Nacional de Vacunación 2014 (Imagen: Benjamín Rodríguez).

Podemos observar en el Esquema Nacional de Vacunación de México definido para el 2014, inmunizaciones para enfermedades estudiadas previamente en este escrito como enfermedades epidemiológicas de difícil control. La prevención de estas enfermedades significa un importante ahorro al sistema de salud, por lo cual la vacunación a la población



infantil debe ser una importante prioridad como inversión para todas las naciones. El Esquema Nacional de Vacunación 2014, está compuesto por lo siguiente:



Fuente: CeNSIA

Imagen 48. Esquema Nacional de Vacunación 2014 (Imagen: CeNSIA)

La Organización Mundial de la Salud, publica anualmente datos mundiales recabados de los resultados positivos obtenidos gracias a la inmunización adecuada de la población.

La inmunización previene enfermedades, discapacidades y defunciones por enfermedades prevenibles mediante la vacunación, tales como la difteria, el sarampión, la tos ferina, la neumonía, la poliomielitis, enfermedades diarreicas por rotavirus, la rubéola y el tétanos. Para la OMS, la cobertura vacunal mundial se debe mantener con firmeza. En la actualidad, la inmunización evita anualmente entre 2 y 3 millones de defunciones por difteria, tétanos, tos ferina y sarampión. No obstante, se estima que 22,6 millones de lactantes de todo el mundo aún no reciben las vacunas básicas.



En 2010, se estimó que 109 millones de niños menores de un año recibieron las tres dosis de la vacuna contra difteria-tétanos-tos ferina (DTP3). Estos niños quedaron así protegidos contra procesos infecciosos que pueden tener consecuencias graves en forma de enfermedad, discapacidad o muerte. Sin embargo, se estima que hay unos 19.3 millones de niños menores de un año que no han recibido la DTP3; el 70% de esos niños viven en diez países, más de la mitad de ellos en la Región de África y la Región de Asia Sudoriental.

Hoy día, la OMS evalúa los **niveles de acceso** para algunas de las vacunas más importantes en el mundo de acuerdo a la facilidad de adquirir la inmunización en poblaciones remotas alrededor del mundo. Estos niveles de acceso son reportados anualmente por la *Organización Mundial de la Salud*; en su último reporte, se especifica de algunas vacunas lo siguiente⁵⁷:

La **Haemophilus influenzae tipo b** (Hib) causante de meningitis y neumonía; para el final de 2012 la vacuna contra la Hib se había introducido en 184 países. Se estima que la cobertura mundial con tres dosis de la vacuna contra Hib es de apenas un 45%.

La **Hepatitis B** es una infección viral que afecta al hígado. Para el final de 2012 la vacunación de los lactantes contra la hepatitis B se había introducido a escala nacional en 181 países. Se estima que la cobertura mundial con la vacuna contra la hepatitis B es del 79%.

El **Virus de papiloma humano** causa la infección viral más común del aparato reproductor, puede provocar cáncer cervicouterino y otros tipos de cáncer y verrugas genitales tanto en hombres como en mujeres. Para el final de 2012 la vacuna contra el papilomavirus humano se había introducido en 45 países.

El **Sarampión** es una enfermedad muy contagiosa causada por un virus que, generalmente, provoca fiebre alta y erupción, y puede ocasionar ceguera, encefalitis y muerte. Para el final de 2012, un 84% de los niños habían recibido una dosis de la vacuna antisarampión antes de cumplir dos años, y 146 países habían incluido una segunda dosis como parte de la inmunización sistemática.

⁵⁷ **Covertura Vacunal.** Organización Mundial de la Salud. WHO. Génova, 2012. Disponible en la web: www.who.org



La **meningitis A** es una infección que puede provocar daño cerebral grave y suele ser mortal. Para el final de 2012, dos años después de su introducción, más de 100 millones de personas en 10 de los 26 países africanos afectados por la enfermedad habían sido vacunados con MenAfriVac, la vacuna desarrollada por la OMS y el PATH.

La **parotiditis** es una enfermedad viral muy contagiosa que causa una dolorosa inflamación en los laterales de la cara, debajo de los oídos (las glándulas parótidas), fiebre, cefalea y dolores musculares.; lo cual puede desencadenar una meningitis viral. Para el final de 2012 la vacuna contra la parotiditis se había introducido a escala nacional en 120 países.

Las **enfermedades por neumococos** son la neumonía, la meningitis y la bacteriemia febril, además de la otitis media, la sinusitis y la bronquitis. Hasta finales de 2012 se había introducido la vacuna antineumocócica en 88 países, y la cobertura mundial estimada era del 19%.

La **poliomielitis** es una enfermedad viral altamente infecciosa que puede provocar parálisis irreversible. En 2012, el 84% de los lactantes de todo el mundo recibieron tres dosis de la vacuna antipoliomielítica. La poliomielitis sigue siendo endémica solo en tres países, a saber, Afganistán, Nigeria y Pakistán.

Los **rotavirus** son la causa más común de enfermedades diarreicas graves entre los niños pequeños en todo el mundo. Para el final de 2012 la vacuna contra los rotavirus se había introducido en 41 países. Se alcanza una cobertura global estimada de 11%.

La **rubéola** es una enfermedad viral generalmente leve en los niños, si bien la infección al comienzo del embarazo puede dar lugar a muerte fetal o síndrome de rubéola congénita, que a su vez puede provocar daños en el cerebro, el corazón, los ojos y los oídos. Para el final de 2012 la vacuna contra la rubéola se había introducido a escala nacional en 134 países.

El **tétanos** es provocado por una bacteria que produce una toxina capaz de causar graves complicaciones, e incluso la muerte. Para el final de 2012 la vacuna contra el tétanos materno y neonatal se había introducido en más de 103 países. Aproximadamente el 81% de los recién nacidos estaban protegidos mediante inmunización. El tétanos materno y neonatal sigue siendo un problema de salud pública en 30 países, principalmente de África y Asia.

La **fiebre amarilla** es una enfermedad hemorrágica viral grave transmitida por mosquitos infectados. Hasta 2012, la vacuna contra la fiebre amarilla se había introducido en los programas de inmunización sistemática de lactantes de 36 de los 48 países y territorios de África y las Américas amenazados por esa enfermedad.

A pesar de los progresos logrados en el último decenio en materia de cobertura vacunal mundial, aún persisten disparidades regionales y locales como consecuencia de:

- Recursos limitados
- Prioridades sanitarias concurrentes
- Gestión deficiente de los sistemas de salud
- Seguimiento y supervisión inapropiados

Según estimaciones, en 2012 los servicios de inmunización sistemática no pudieron acceder a 22.6 millones de lactantes de todo el mundo. Más de la mitad de ellos viven en tres países: la India, Indonesia y Nigeria.

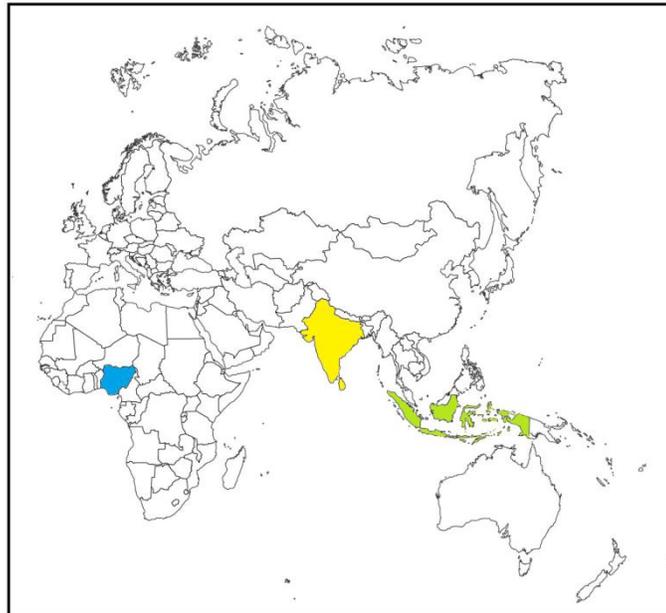


Imagen 49. Mapa que indica la ubicación geográfica de India (amarillo), Indonesia (verde) y Nigeria (azul). (Imagen de Benjamín Rodríguez).

Es preciso acordar prioridad al fortalecimiento de la vacunación sistemática en todo el mundo, especialmente en los países que albergan el mayor número de niños no vacunados. Es necesario redoblar esfuerzos para llegar a los grupos desatendidos, en particular los de

zonas aisladas, entornos urbanos desfavorecidos, estados frágiles y regiones asoladas por conflictos.

La OMS está colaborando con los países y los asociados a fin de mejorar la cobertura vacunal mundial, en particular mediante las iniciativas adoptadas por la Asamblea Mundial de la Salud en mayo de 2012.

La Organización Mundial de la Salud presenta cada año el Plan de acción mundial sobre vacunas, el cual marca la ruta destinada para prevenir millones de defunciones mediante el acceso más equitativo a las vacunas. Los países están proyectando alcanzar para 2020 una cobertura vacunal $\geq 90\%$ a escala nacional y $\geq 80\%$ en cada distrito. Si bien el Plan deberá acelerar el control de todas las enfermedades prevenibles mediante vacunación, la erradicación de la poliomielitis se ha fijado como la primera meta a alcanzar. Además, el plan se orienta a impulsar la investigación y el desarrollo de la próxima generación de vacunas.⁵⁸

El Plan fue desarrollado por numerosas partes interesadas, incluidos organismos de las Naciones Unidas, gobiernos, organismos mundiales, asociados para el desarrollo, profesionales de la salud, círculos académicos, fabricantes y sectores de la sociedad civil; con lo cual se busca dirigir los esfuerzos destinados a apoyar a las regiones y los países en la adaptación del Plan de acción mundial sobre vacunas, con miras a su aplicación.

Cada año, se celebra en la última semana de abril la Semana Mundial de la Inmunización. Esta semana tiene la finalidad de acrecentar la sensibilización del público respecto de la manera en que la inmunización salva vidas, alentando a las personas de todas partes a vacunarse, tanto ellas como sus niños, contra enfermedades mortales. En 2013 más de 180 países, territorios y regiones dieron relieve a esa semana por medio de actividades, especialmente campañas de vacunación, talleres de capacitación, mesas redondas y campañas de información pública.

⁵⁸ **Cobertura vacunal.** Nota de prensa. OMS. Gineve, 2012.

Procuración Vacunal

Para comprender más ampliamente la complejidad de la cobertura vacunal, en este apartado se describirán brevemente las actividades que cada país debe desarrollar para realizar la adquisición necesaria de vacunas doméstica o internacionalmente a través de específicos mecanismos y procedimientos de procuración.

El objetivo de la procuración vacunal es el asegurar que todos los programas nacionales a nivel mundial reciban productos de calidad y a precios accesibles de una manera oportuna para optimizar el desarrollo de los programas de inmunización y con ello alcanzar las metas propuestas para este, a través de la reducción de casos de mortalidad y morbilidad causados por enfermedades prevenibles a través de la vacunación.

Varias herramientas y estimaciones se encuentran disponibles como apoyo a los países, enfocándolas en puntos clave como son la diversificación de la base de suministro, el mejoramiento de la predicción de demanda y fiabilidad de los proveedores, mejoramiento del valor del producto, así como el monitoreo continuo de la cadena de suministro.



Imagen 50. Representación gráfica de la Cadena de Suministro (Fuente: zetes.co)

La procuración vacunal es un campo especializado y diferente del de la procuración de otros productos farmacéuticos y de salud, dado a los requerimientos tan específicos de estas primeras.

Las vacunas son productos biológicos extremadamente sensibles y complejos. El proceso de manufactura de éstas involucra la manipulación de organismos vivos e incorpora un riesgo significativo de fallas en el proceso de fabricación.

Las vacunas dependen de un ambiente altamente regulado que asegure el cumplimiento de los más estrictos estándares de calidad en todas las partes del proceso de producción, almacenamiento y transportación. Características especiales de las vacunas, tales como la vida útil de esta y la sensibilidad a temperaturas altas, requieren de almacenamiento especial y administración de cadena de suministro, etapas que requerirán ser monitoreadas.

Las vacunas son comúnmente provistas por los gobiernos o a través de donaciones, con lo cual no siempre representan un gasto al paciente a quien serán administradas; las vacunas son principalmente de naturaleza preventiva y son administradas por ello a individuos sanos, más frecuentemente, infantes. El riesgo que representa una calidad pobre en las vacunas es considerable, ya que puede desencadenar efectos adversos que terminen por destruir la confianza pública sobre los programas de inmunización y con ello, dejar

muchas vidas en riesgo latente.



Imagen 51. La calidad en las vacunas es primordial para generar confianza en el tratamiento (Fuente: CDC).

La aceptación pública de la inmunización depende mucho de la calidad de las vacunas que son usadas, por lo cual, la procuración vacunal no debería ser basada en el precio del producto, la calidad del producto deberá ser siempre prioridad.

En contraste con la industria farmacéutica, el mercado global de vacunas está limitado a un pequeño número de fabricantes y proveedores. Debido a la naturaleza biológica de las vacunas, es muy poco el desarrollo de productos genéricos, lo cual se refleja en altos costos para los fabricantes. Hoy día, existen no más de 25 fabricantes de vacunas que con la capacidad de realizar exportación internacional con vacunas precalificadas por la Organización Mundial de la Salud. La gran mayoría de vacunas son producidas únicamente por entre uno o cinco fabricantes distintos para cada producto en específico, lo cual se traduce en la presencia de grandes monopolios de suministro vacunal.

La sensibilidad y naturaleza de las vacunas tienen importantes implicaciones en su propio proceso de manufactura. Considerando que la producción de vacunas implica varios procesos biológicos, el proceso puede llevar desde 6 hasta 24 meses para producir una sola dosis de algunos tratamientos inmunológicos. El escalamiento de las capacidades de

producción de vacunas puede llevar entre 2 y 3 años, mientras que la construcción de una nueva planta desde la ingeniería conceptual puede llevar entre 5 y 7 años. La regulación nacional e internacional, así como las consideraciones estratégicas de las compañías biotecnológicas en la introducción de nuevas vacunas pueden afectar de manera importante la disponibilidad de los tratamientos inmunológicos.

Dependiendo del producto del que se hable, puede tomarse hasta un año el proceso desde que se confirma una solicitud con el fabricante, hasta el momento en el que



Imagen 52. Planta biofarmacéutica de Novartis AG en Hünigues, Francia. (Imagen: Novartis AG)

la vacuna es entregada al país solicitante. Generalmente, los fabricantes consideran entre sus opciones la creación de un inventario para satisfacer las necesidades inmediatas del comprador, sin embargo, es muy común que el suministro de vacunas esté completamente comprometido a los compradores ya existentes, lo que hace casi imposible el suministro de la demanda de nuevos compradores de manera inmediata. Por lo tanto, la predicción de la demanda global y nacional es esencial para asegurar la oportuna entrega de vacunas y con ello evitar escenarios donde el suministro de estas se vea entorpecido.

La procuración de vacunas es un complejo proceso que requiere de conocimientos especializados para asegurar la calidad de estas, así como su sostenibilidad y oportuno abastecimiento. Diferentes métodos de procuración pueden afectar el precio y el adecuado acceso a las vacunas, por lo cual es esencial el desarrollo de estrategias que concuerden con los mercados mundiales individualizados de las vacunas con el fin de obtener resultados óptimos. Las correctas prácticas de procuración vacunal permiten a los países pronosticar con precisión, planear, financiar, conducir y monitorear sus sistemas de adquisición de vacunas.⁵⁹

El mercado individualizado para cada nueva vacuna es muy distinto, con sus propias especificaciones aplicables para la vacuna. La comercialización de nuevas vacunas, como la

⁵⁹ **Vaccine Procurement.** World Health Organization. Geneve, 2013.



del rotavirus, neumococo, o la nueva vacuna contra el virus del papiloma humano, ha crecido en los últimos años, trayendo consigo mayores retos para los fabricantes, así como para los países compradores.

La operación dentro de estos mercados requiere un amplio conocimiento de estos, así como mucha adaptación en los métodos de procuración para optimizar las oportunidades de procuración efectiva y eficiente. Las nuevas vacunas son siempre considerablemente más caras que aquellas vacunas tradicionales, por lo que los gobiernos necesitan un aumento significativo en su presupuesto destinado a sus programas de vacunación cuando deciden añadir nuevas vacunas a estos. Es por ello que la introducción y adquisición de nuevas vacunas debe ser calculada de manera cuidadosa, tomando en consideración el presupuesto destinado para ello, así como las implicaciones en la logística y la programación.

Hoy día, existe un número muy limitado de fabricantes que realizan desarrollo de nuevas vacunas, por lo cual todos los países compradores deben definir efectivamente los planes de estrategias a largo plazo con el fin de ganar acceso a vacunas sustentables y a buen costo. La casi nula presencia de competencia en el lado de los abastecedores, limitadas capacidades de producción y la restringida variedad en presentaciones comerciales de las vacunas se traduce en una importante cantidad de desafíos para los programas nacionales de inmunización en todo el mundo.

En consecuencia, los enfoques de adquisiciones estratégicas, que tienen en cuenta las múltiples dimensiones de demanda y oferta, así como los aspectos programáticos y normativos, están reemplazando cada vez más la compra transaccional anual estándar de productos y servicios relacionados.

Para comprender plenamente la complejidad de la adquisición de vacunas, es esencial estar familiarizado con las diferentes formas de mecanismos de adquisición, las mejores prácticas y directrices disponibles y los procedimientos de operación estándar (SOP). Además, todo eso es importante para entender las complejidades y peculiaridades del mercado de vacunas, así como las complejidades de fijación de precios de estas.

Controversias y Vacunación

Para concluir el desarrollo de este escrito, en este último apartado mencionaré brevemente algunas situaciones controversiales que se han suscitado en relación a la investigación y desarrollo de vacunas en el mundo. Es común encontrar detractores del desarrollo vacunal causantes de disputas sobre su moralidad, ética, efectividad o seguridad, a pesar de la gran cantidad de evidencia médica y científica que muestra que los beneficios obtenidos de la prevención de enfermedades infecciosas compensa en gran manera los raros efectos adversos de la inmunización.⁶⁰

Desde el origen de las vacunas en el siglo XIX con Edward Jenner, se tiene registro del surgimiento de grupos radicales en contra de la inmunización; el primero surge en el año de 1853 denominado Liga de la Anti-Vacunación de Londres.⁶¹

Grupos de anti-vacunación también surgieron en los Estados Unidos tras el *boom* de la inmunización en el siglo

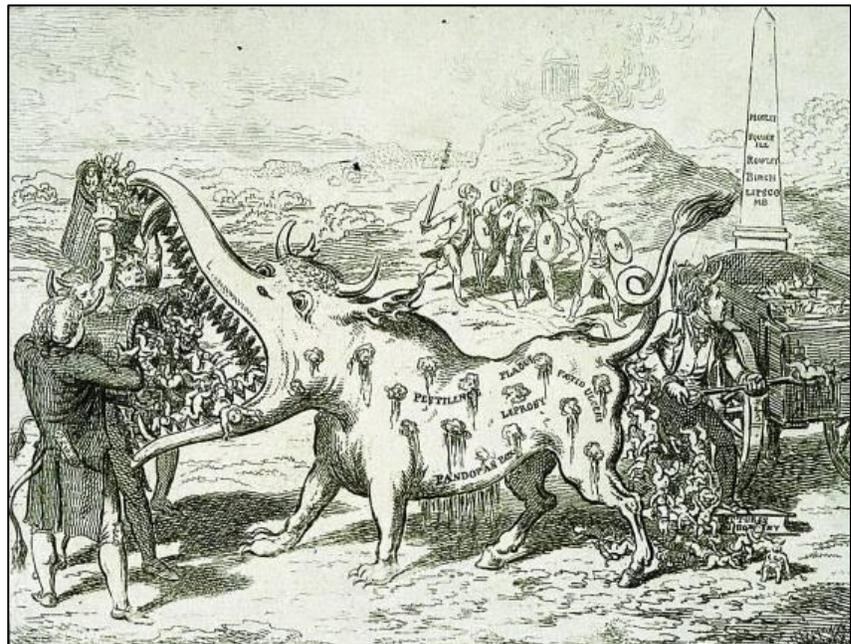


Imagen 53. El monstruo de la vacunación, imagen estandarte de los grupos anti-vacunación del siglo XIX en Londres. (Fuente: PubMed)

XIX en ciudades como California, Illinois, Indiana, Minnesota, Utah, West Virginia y Wisconsin. La batalla continuó después contra las autoridades sanitarias que mostraron su apoyo incondicional al desarrollo de nuevas vacunas tras el inicio del siglo XX.

⁶⁰ Bonhoeffer, J. Heining, U. **Adverse events following immunization: perception and evidence.** Current Opinion in Infectious Diseases. Jun; 20. Vol. 3 Pages 237-246. USA, 2007.

⁶¹ Wolfe, R.M., Sharp, L.K. **Anti-vaccinationists past and present.** British Medical Journal. Aug; 24. Vol 7361. Pages 430-432. UK, 2002.

Como cualquier otro tratamiento farmacológico, es bien sabido que la administración de las vacunas representa un riesgo potencial para el paciente, así como tener efectos secundarios, y el éxito de los programas de inmunización depende de la confianza pública en su seguridad. Por lo que un reto importante en el desarrollo de vacunas es evidenciar los invaluable beneficios obtenidos de la inmunización en comparación con los raros casos de presencia de efectos adversos o muertes debidas a la administración de una vacuna.

A través de la historia, se ha podido observar toda cantidad de argumentos en contra de la inmunización, provenientes de corrientes religiosas, políticas y sociales. Entre los argumentos religiosos destaca uno del teólogo inglés Rev. Edmund Massey, quien argumentaba que las enfermedades eran enviadas por Dios para castigar el pecado y que cualquier intento de prevenirlas a través de la vacunación era una operación diabólica.⁶²

Podemos revisar en la historia gran variedad de casos donde la reducción de la cobertura vacunal disminuyó debido a las campañas anti-vacunación y sus consecuencias, entre ellos destacan:

– **Estocolmo, 1873.**

Una campaña anti-vacunación, respaldada en objeciones religiosas y preocupación sobre la efectividad de las vacunas y los derechos individuales, llevó a que la tasa de vacunación en Estocolmo bajara casi un 40%, en comparación con el 90% del resto de Suecia. Poco después, en 1874, se dio un importante brote epidémico de viruela, que finalizó al volver a incrementarse la tasa de vacunación.⁶³

– **Reino Unido, 1970's.**

En un informe de 1974 que mostraba 36 casos de reacciones a la vacuna contra la tosferina, se sostenía que la efectividad de la vacuna era pobre y



Imagen 54. Panfleto del Departamento de Salud del Reino Unido en favor de la vacuna contra la difteria (Fuente: Wikimedia)

⁶² Noble, M. **Ethics in the trenches: a multifaceted analysis of the stem cell debate.** Stem Cell Review. Jan; 2005. Vol. 4. Pages 345-376. USA, 2005.

⁶³ Nelson, M., Rogers, J. **The right to die? Anti-vaccination activity and the 1874 smallpox epidemic in Stockholm.** Society of Historical Medicine. May; 1992. Vol. 3. Pages 369-388. USA, 1992.

cuestionaba si sus beneficios compensaban su riesgo. La extensiva cobertura tanto televisiva como por parte de la prensa despertó la alarma, y con ello la tasa de vacunación contra la tosferina en el Reino Unido descendió del 81% hasta un 31%. Este descenso aumentó los brotes epidémicos de tosferina, que causaron la muerte de varios niños.⁶⁴

– **Reino Unido, 1998.**

En una situación que evidenció que la lección no fue bien aprendida, en 1998, el Dr. Andrew Wakefield publicó un artículo donde afirmaba que existía una relación entre el uso de la vacuna triple viral (rubéola, paperas y sarampión) con el autismo y varios problemas digestivos. Gran cantidad de padres decidieron no vacunar a sus hijos por miedo a que desarrollaran autismo, lo que provocó un aumento enorme en el número de casos registrados de estas tres enfermedades; sobre todo en Europa, Australia, y en menor medida en EEUU. Se descubrió después que el autor del artículo estaba asociado a varios bufetes de abogados que planeaban entablar demandas legales millonarias a farmacéuticas fabricantes de vacunas.⁶⁵

– **Nigeria, 2001.**

Un grupo de religiosos en el norte de Nigeria comenzaron a predicar en contra de las vacunas y la medicina occidental, recomendaron a sus seguidores que no vacunaran a sus hijos con la vacuna oral contra la polio aduciendo que se trataba de una campaña encubierta de las potencias occidentales para esterilizar y matar a los niños. Como consecuencia, la poliomielitis reapareció en una docena de países vecinos de Nigeria, previamente libres de polio. Los brotes continuaron desde entonces; alrededor de 200 niños murieron por brotes de sarampión a finales de 2007 en el estado de Borno.

A pesar de contar con grupos radicales que han intentado satanizar la inmunización y con ello han logrado que ciertas poblaciones conservadoras pierdan la confianza en los sistemas de vacunación, también contamos con algunos casos reales y bien documentados y

⁶⁴ Gangarosa, E., Galazka, A. **Impact of anti-vaccine movements on pertussis control: the untold story.** Lancet 351. Vol. 9099. Pages 356-361. USA, 1998.

⁶⁵ Ruiz-Loyola, B. **Salud pública, globalización y censura científica.** TIP Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas. Junio, 2012. Vol. 15. Num. 1. UNAM, 2012. Pp. 37-48.

evidenciados de situaciones desafortunadas que han salido a la luz pública y han puesto en tela de juicio las buenas intenciones de los sistemas de vacunación, entre ellos:

- En 1999, los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (*CDC*, por sus siglas en inglés) y la Academia Estadounidense de Pediatría (*AAP*, por sus siglas en inglés) solicitaron a los fabricantes de vacunas que eliminaran de la composición de las vacunas el compuesto organomercúrico thiomersal (Thimerosal®), debido a que se ha acusado a este de contribuir al autismo. Actualmente no hay ninguna evidencia científica aceptada de que la exposición al *tiomersal* sea un factor causante del autismo.⁶⁶
- En la fabricación de vacunas se usan compuestos de aluminio como coadyuvantes inmunológicos para incrementar la efectividad de muchas vacunas. En algunos casos, esos compuestos han sido asociados con enrojecimientos, picores y fiebre moderada, y en algunos casos con miofascitis macrofágica (MMF), que son lesiones microscópicas localizadas que contienen sales de aluminio, que persisten hasta 8 años. Sin embargo, estudios recientes sobre casos controlados no han encontrado síntomas clínicos específicos y no hay evidencia de que las vacunas que contienen aluminio sean un riesgo serio contra la salud o justifiquen cambios en las prácticas inmunizadoras.⁶⁷
- En 2007, grupos anti-vacunación protestaron en contra del uso de la vacuna después que fue revelado que el productor de Gardasil®, de Merck & Co®, estaba ejerciendo presión sobre legislaturas estatales para introducir vacunación obligatoria contra el VPH para chicas preadolescentes como un requisito para la asistencia al colegio.⁶⁸
- En 2011, la Agencia Central de Investigación de los EEUU (*CIA*, por sus siglas en inglés) bajo las operaciones encubiertas para la captura de Osama bin Laden en un intento de recolectar material genético de supuestos parientes del líder radical, llevó

⁶⁶ Doja, A., Roberts, W. **Immunizations and autism: a review of the literature.** Canadian Journal of Neurological Sciences. Nov; 2006. Vol. 4. Pages 341-346. Canada, 2006.

⁶⁷ François, G., Duclos, P., Meheus, A. **Vaccine Safety Controversies and the Future of Vaccination Programs.** The Pediatric Infectious Diseases Journal. Nov; 2005. Vol. 24. Number 11. Pages. 953-961.

⁶⁸ Johnson, L. (Febrero 21, 2007). **Merck suspends lobbying for vaccine.** The Washington Post. Associated Press.



a cabo una falsa campaña de vacunación contra la hepatitis con ayuda del médico paquistaní Shakil Afridi en Abbottabad, Pakistán, lugar donde se sospechaba que se encontraba refugiado Osama bin Laden. Esta situación causó rechazo de la población local a recibir las inmunizaciones, lo que desencadenó el resurgimiento de enfermedades supuestamente controladas.

Casos como estos ocasionan que la población ponga en tela de juicio los beneficios de las campañas de vacunación y giren su atención a explicaciones poco racionales como teorías conspiracionistas o maquiavélicos planes trasnacionales de las farmacéuticas del mundo.

Un caso en particular, es el del desarrollo de la vacuna contra el virus de inmunodeficiencia humana (VIH), una enfermedad que ha aquejado a la humanidad desde hace ya varias décadas, y que a pesar de los esfuerzos constantes para el desarrollo de un tratamiento preventivo para la infección, aún no se ha podido obtener dicha vacuna.

Existen teorías sobre compañías farmacéuticas trasnacionales bloqueando el desarrollo científico de una vacuna contra el VIH ya que los enfermos contagiados por este virus representan un mercado ávido para sus tratamientos retrovirales en el mercado, lo cual se vendería abajo a la luz del descubrimiento de una vacuna que previniera el contagio. Sin embargo, es bien sabido que los esfuerzos a nivel mundial son altos y que se trabaja día y noche en laboratorios de investigación para alcanzar la meta.

Estudios recientes publicados por la *National Academy of Sciences* de EEUU, indican que varios estudios clínicos de vacunas desarrolladas para el tratamiento de la infección por el VIH han demostrado un efecto *contrafuego* y favorecen la tasa de infección del virus en el organismo del paciente. Guido Silvestri, jefe del Departamento de Microbiología e Inmunología del Centro Nacional de Investigación en Primates de Yerkes, y autor del artículo, indica en este que una de las razones por las que ha sido tan complicado la obtención de la vacuna contra el SIDA es que el virus propiamente, tiene la capacidad de infectar muchas más células humanas del sistema inmunológico que cualquier vacuna que pueda ser fabricada.⁶⁹

⁶⁹ McNamee, D. **Why do experimental HIV vaccines backfire?** (January 5th, 2015). Medical News Today.



Muchas historias macabras giran en torno a las vacunas, los sistemas de vacunación, las enfermedades que tratan, las farmacéuticas fabricantes de la vacuna, los gobiernos potencias del mundo y los efectos potenciales que tiene la administración de una vacuna a nivel mundial.

Sin embargo, como espectadores de todo esto, no nos queda nada más que mantenernos informados a través de fuentes verídicas, verificables y confiables que nos permitan contar con un panorama realista y convincente de la situación mundial relacionado con el desarrollo de vacunas y su administración. Todos debemos tener la capacidad de decidir lo mejor para nuestro cuerpo y para nuestra salud, de acuerdo a lo que consideremos como mejor opción, dejando de un lado los prejuicios religiosos, políticos y sociales que no estén adecuadamente fundamentados en la lógica y la racionalización.

CONCLUSIÓN

La ciencia es una parte muy importante del conocimiento humano el cual fue desarrollado sin conocer su potencial efecto sobre la conciencia social humana. Cada día que pasamos en este planeta, somos espectadores de los nuevos avances científicos y tecnológicos que día a día se van haciendo obsoletos a la luz de una nueva y revolucionaria alternativa.

En el caso del desarrollo de la ciencia y su relación con la paz, por una muy mala experiencia histórica, el hombre los ha relacionado como enemigos a muerte; el desarrollo de la primera siempre lleva a la inhibición de la segunda. Sin embargo, al realizar una investigación más a fondo sobre la íntima relación que estos dos conceptos tan valiosos para las sociedades del nuevo milenio, podemos observar que la premisa es completamente errónea.

A pesar de que los estragos de la íntima relación entre la ciencia y la guerra sean más visibles y obvios a la luz de la vista pública, también debemos concienciar a la población de que muchas metas logradas hoy en día con impacto directo sobre la calidad de vida han sido desarrolladas y alcanzadas gracias a los avances científicos y tecnológicos obtenidos tras meses o incluso años de investigación en el laboratorio.

En la actualidad, podemos enlistar muchos avances tanto científicos como tecnológicos que han favorecido indirectamente a la paz a través del desarrollo de la sociedad, como son las telecomunicaciones, que han favorecido la comunicación y acortado distancias de manera increíble; la electrónica, que ha favorecido el propio avance tecnológico y científico a través de la creación de algoritmos y programas que nos ayuden a la predicción y simulación de fenómenos; las ciencias naturales, que han permitido conocer la razón y origen de muchas



cosas que hasta hace algunas décadas eran poco comprendidas, entre las que destacan la biología, la química y la medicina. De ésta última podemos enriquecer todavía más la lista al traer a colación todos los avances en nuevos tratamientos quirúrgicos, detección temprana de enfermedades, y por supuesto la prevención de estas a través de varios métodos desarrollados, entre ellos, la inmunización.

Sobre la inmunización podemos decir muchas cosas a favor, como la gran cantidad de vidas que han podido ser salvadas gracias a la administración temprana de vacunas contra enfermedades tan mortales como la viruela y haber alcanzado incluso la erradicación total de la enfermedad de la faz de la tierra; hasta enfermedades de difícil y costoso tratamiento como el virus del papiloma causante principal del cáncer cervicouterino, cuarta causa de muertes de mujeres a nivel mundial.⁷⁰

Debemos resaltar que no únicamente se está hablando de salvar vida al favorecer el desarrollo científico y tecnológico, lo cual debe ser prioridad en el desarrollo de nuevos tratamientos inmunológicos; sino que adicional a este invaluable beneficio, se está evitando el desarrollo de la enfermedad en millones de potenciales pacientes que a su vez, implicarían en unos años un costo millonario a los sistemas de salud de las naciones en el mundo debido a los tratamientos que requerirían al presentar la enfermedad; recursos que pueden ser destinados a metas y objetivos ambiciosos como erradicar la hambruna, apoyar la alfabetización de la población en general, promover el fortalecimiento de los sistemas educativos, sistemas de salud en materia de prevención de enfermedades e incluso el mejoramiento de los espacios públicos para enriquecer la calidad de vida de los pobladores.

Del desarrollo de este escrito, podemos resaltar el gran impacto directo que tiene la ciencia sobre la paz, y su importante influencia que puede llegar a ejercer como medio de pacificación al dejar a un lado la escueta definición de paz como la ausencia de conflicto y adoptando el concepto multifactorial que nos ofrece la irenología. La ciencia tendrá siempre influencia importante sobre cada uno de los factores significativos sobre la paz social. El apoyo por parte de los gobiernos al desarrollo científico y tecnológico que conlleve a la obtención de nuevas vacunas, nuevos medicamentos y tratamientos innovadores para

⁷⁰ **Cervical cancer statistics.** Centers for Disease Control and Prevention. National Institutes of Health. US, 2012.



enfermedades prevenibles o tratables, considerará un impacto importante sobre la pacificación a través de métodos políticos; el efecto dominó de las nuevas alternativas para la prevención de enfermedades, como es el caso de las vacunas, se traducirá en un ahorro potencial en los sistemas de salud gracias a la disminución de casos de enfermedades potencialmente prevenibles que llegan a los hospitales para ser tratados. Siguiendo la misma línea, las personas serán inmunizadas contra estas enfermedades que los aquejarían, con lo cual se enriquecerá su calidad de vida al evitar las hospitalizaciones debidas a enfermedades prevenibles, con lo cual indirectamente se evita el contagio de estos por infecciones nosocomiales que al final también representarían un costo al sistema de salud por el tratamiento de la enfermedad. Reforzando todos los beneficios obtenidos gracias a la prevención de enfermedades debido a la promoción de la industria biotecnológica que desencadenaría en una sana competencia en el desarrollo de nuevos tratamientos inmunológicos, se deberá proceder con una meta más ambiciosa y retadora, alcanzar el 100% de la cobertura vacunal en todo el mundo.

Lo relacionado con la cobertura vacunal es un tema más retador y ambicioso que lo anterior, ya que no solo depende de un gobierno que tome la batuta y apoye el desarrollo biofarmacéutico, sino que se habla de esferas de poder establecidas ya a niveles globales, con una autoridad e influencia bien fundamentada; tal es el caso de la *Organización Mundial de la Salud*. Sin embargo, en el caso de la *OMS*, esta solo tiene la facultad de apoyar y sugerir acciones globales en materia de salud y prevención de enfermedades, lo cual no la establece como una autoridad ejecutoria o sancionadora, sino únicamente de consejera y afianzadora. Es por ello que se requiere de un compromiso mundial por parte de cada uno de los países en redoblar los esfuerzos por que todos los niños tengan acceso a la cobertura vacunal.

La meta a alcanzar en la cobertura vacunal es erradicar por completo la enfermedad para la cual se inmuniza, como es el caso de la viruela en el siglo XXI, la primera enfermedad completamente erradicada de la tierra gracias a la cobertura vacunal integral alcanzada en el siglo XX. Gracias a ello, se pudo registrar en 1977 el último caso registrado de viruela.



Como se pudo observar durante el desarrollo de este escrito, el objetivo era dejar en claro que no solo la ausencia de conflicto es paz, sino que el concepto debe ser ampliado a todos aquellos factores que directa e indirectamente favorecen sobre la paz social, y la igualdad de oportunidades es uno de esos factores muy influyentes sobre la pacificación. La salvaguarda de los derechos humanos universales es otra forma de pacificación, y entre ellos podemos encontrar el derecho a un nivel de vida adecuado que asegure la salud y el bienestar del individuo, así como de su familia.

Es por ello que un adecuado sistema de vacunación y prevención de enfermedades funge a la perfección como un modelo de medio de pacificación, ya que, como pudimos observar a lo largo del desarrollo de este trabajo, este representa un impacto directo favorecedor en los factores más determinantes de la paz social.

Como científico, la mayor ambición debe ser orientada a que todos los avances científicos y tecnológicos que se desarrollen a lo largo del tiempo de sus investigaciones y trabajos en laboratorio tengan una meta en común que desemboque en la innovación; innovación que permita el mejoramiento de la calidad de vida de toda la humanidad, que favorezca la igualdad en la sociedad y que sea determinante en el ejercicio adecuado de los derechos humanos universales que salvaguarden la paz social y el propio desarrollo individual y la búsqueda de la trascendencia al haber sido satisfechas todas las necesidades primarias, y con ello, buscar el dejar lo mejor de sí al mundo.

REFERENCIAS

Diccionario de la Real Academia Española. 22ª Edición. España, 2001.

Currás, E. **“Paz social, paz humana”.** *Balance y Perspectiva.* Junio-Septiembre. España, 1996.

Historia de la redacción de la Declaración Universal de Derechos Humanos. Organización de las Naciones Unidas. Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas, 2012. Disponible en la web: <http://www.un.org/es/documents/udhr/history.shtml> [Consultado el 12 de diciembre de 2014].

Texto de la Declaración Universal de Derechos Humanos. Organización de las Naciones Unidas. Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas, 2012. Disponible en la web: <http://www.un.org/es/documents/udhr/> [Consultado el 15 de enero de 2014].

Sánchez, José M. **Ciencia, científicos y guerra en el siglo XX: algunas cuestiones ético-morales.** Universidad Autónoma de Madrid. ISEGORIA/12. España, 1995.

Rodríguez, Rodrigo D. **Guerra, ciencia y tecnología. De cómo se aplasta la razón y la ética.** Centro de Estudios Internacionales para el Desarrollo. Argentina, 2011.

Pita, Rene. **Armas biológicas. Una historia de grandes engaños y errores.** Plaza y Valdés Editores. España, 2011.

Lengel, Allan **CNN.com – Transcripts. Anthrax in America: Brentwood Post Office Facility in Washington Major Focal Point.** (16 de septiembre de 2005). The Washington Post. Consultado el 2 de marzo de 2014.

García, E.M. **Ciencia, tecnología y sociedad: Una aproximación conceptual.** OEI. España, 2001.

Sagan, C. **Ciencia y Tecnología. Avances y retrocesos.** Diario “El País” Publicado el 19 de mayo de 1996.

Entralgo, P. **Historia de la medicina.** Editorial Masson. México, 1998. Pág. 9

Kramer, S.N. **La historia empieza en Sumer.** Círculo de Lectores. México, 1975.

Campbell, T. R. **A dictionary of assyrian chemistry and geology.** Espasa Calpe Editores. Madrid, 1996.

Hamarneh, S.K. **Development of hospitals in Islam.** Journal of History of Medicine and Allied Sciences, Vol. 17. Pages. 17-26. London, 1962.

Lain, E.P. **Historia de la Medicina.** Editorial Masson. México, 1995.

Robert Koch Biography. Nobel Foundation website. Disponible en la web: <http://www.nobelprize.org> [Consultado el 24 de marzo de 2014].



Madigan, M.M. **Brock Biología de los Microorganismos**. 11° edición. Prentice Hall. México, 2005.

Acerca de la OMS. Organización Mundial de la Salud. Disponible en la web: <http://www.who.int/about/es/> [Consultado el 02 de abril de 2014].

Constitución de la Organización Mundial de la Salud. Conferencia Internacional de Salud. OMS. Ginebra, 1948.

World Health Statistics. World Health Organization. Geneve, 2014.

Global Health Observatory. World Health Organization. Disponible en la web: <http://apps.who.int/gho/data/node.main.170?lang=en> [Consultado el 14 de abril de 2014.]

Vacunausted. Para profesionales de la salud. Sanofi-Pasteur, Sanofi-Aventis. México, 2013.

Diphtheria. Center for Disease Control and Prevention. United States, 2012. Disponible en la web: <http://www.cdc.gov> [Consultado el 17 de abril de 2014.]

Información general acerca de la hepatitis. Organización Mundial de la Salud. Disponible en la web: <http://www.who.org> [Consultado el 18 de abril de 2014.]

Biography of Alphonse Laveran. The Nobel Foundation. Nobel foundation. Disponible en la web: <http://www.nobelprize.org> [Consultado el 22 de abril de 2014.]

Directrices para el tratamiento de la malaria. Organización Panamericana de la salud. 2ª Edición. USA, 2010.

Goldberg, E. **Child malaria vaccine may be available in 2015**. *The Huffington Post*. Published 31.Jul.14.

Meningitis Vaccine Project. World Health Organization. PATH, 2014.

WHO Positioning Document. Antitetanic vaccine. World Health Organization. Geneve, 2012.

Rothschild B, et al. **Mycobacterium tuberculosis complex DNA from an extinct bison dated 17,000 years before the present**. *Clinical Infections Diseases*, Volumen 33. USA, 2001.

Arana, J. **Historias curiosas de la medicina**. Espasa Calpe. España, 1994.

The history of vaccines. The College of Physicians of Philadelphia. 2014. Available at: <http://www.historyofvaccines.org> [Consultada el 28 de Mayo de 2014.]

Covertura Vacunal. Organización Mundial de la Salud. WHO. Génova, 2012. Disponible en la web: <http://www.who.org>

Vaccine Procurement. World Health Organization. Geneve, 2013. Disponible en la web:

<http://www.who.org>

Cervical cáncer statistics. Centers for Disease Control and Prevention. National Institutes of Health. US, 2012. Disponible en la web:

<http://www.cdc.gov/cancer/cervical/statistics/>

Pancer Z, Cooper MD. **The evolution of adaptive immunity**. *Annual Review of Immunology* 24, 2006. Pp. 497–518.

European Public Assessment Reports (EPAR). European Medicines Agency. Science Medicines Health. European Union, 2013.

Carrillo-Esper, R. **Inmunidad innata, receptores Toll y sepsis**. *Cirujía y cirujanos*. Vol. 71, 3 México, 2010.

Hunter CA. **New IL-12-family members: IL-23 and IL-27, cytokines with divergent functions.** Nat Rev Immunology. 2008, 5: 521-31.

Smith PL, Lombardi G, Foster GR. **Type I interferons and the innate immune response--more than just antiviral cytokines.** Mol Immunol. 2005, 42: 869-77.

Waltenbaugh C, Doan T, Melvold R, Viselli S. **Immunology.** Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins. USA, 2008.

Pancer, Z. Cooper M. **The evolution of adaptive immunity.** Annu Rev Immunology. 2008. Pp. 497-518.

Sack, D., Qadri, F. **Determinantes de las respuestas a vacunas orales en países en vías de desarrollo.** Annales Nestlé. Vol. 66. Suiza, 2008. Pág. 71-80.

Highlights of Prescribing Information. Food & Drug Administration. US Department of Health & Human Services. USA, 2012.

H.R. Langridge, W. **Edible Vaccines.** Scientific American, Inc. September 2008. Págs. 66-71.

Mishra, N., Gupta, P., Khatri, K. **Edible vaccines: A new approach to oral immunization.** Indian Journal of Biotechnology. Vol 7, July 2008. Pp. 283-294.

Bonhoeffer, J. Heininger, U. **Adverse events following immunization: perception and evidence.** Current Opinion in Infectious Diseases. Jun; 20. Vol. 3 Pages 237-246. USA, 2007.

Wolfe, R.M., Sharp, L.K. **Anti-vaccinationists past and present.** British Medical Journal. Aug; 24. Vol 7361. Pages 430-432. UK, 2002.

Noble, M. **Ethics in the trenches: a multifaceted analysis of the stem cell debate.** Stem Cell Review. Jan; 2005. Vol. 4. Pages 345-376. USA, 2005.

Nelson, M., Rogers, J. **The right to die? Anti-vaccination activity and the 1874 smallpox epidemic in Stockholm.** Society of Historical Medicine. May; 1992. Vol. 3. Pages 369-388. USA, 1992.

Gangarosa, E., Galazka, A. **Impact of anti-vaccine movements on pertussis control: the untold story.** Lancet 351. Vol. 9099. Pages 356-361. USA, 1998.

Ruiz-Loyola, B. **Salud pública, globalización y censura científica.** TIP Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas. Junio, 2012. Vol. 15. Num. 1. UNAM, 2012. Pp. 37-48.

Doja, A., Roberts, W. **Immunizations and autism: a review of the literature.** Canadian Journal of Neurological Sciences. Nov; 2006. Vol. 4. Pages 341-346. Canada, 2006.

François, G., Duclos, P., Meheus, A. **Vaccine Safety Controversies and the Future of Vaccination Programs.** The Pediatric Infectious Diseases Journal. Nov; 2005. Vol. 24. Number 11. Pages. 953-961.

Johnson, L. (Febrero 21, 2007). **Merck suspends lobbying for vaccine.** The Washington Post. Associated Press.

McNamee, D. **Why do experimental HIV vaccines backfire?** (January 5th, 2015). Medical News Today.