



*Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada, Toluca, Estado de México. 7223898475*

RFC: AT1120618V12

Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.

<http://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/>

Año: IX

Número: Edición Especial.

Artículo no.:119

Período: Octubre, 2021

TÍTULO: La vacunación y sus retos.

AUTORES:

1. Esp. Carlos David Castañeda Guillot.
2. Máster. Ronelsys Martínez Martínez.
3. Dr. Fernando de Jesús Castro Sánchez.

RESUMEN: Las vacunas son productos biológicos contra enfermedades infecciosas por estímulo-respuesta inmunitaria, con impacto preventivo sanitario. El objetivo del estudio fue caracterizar el proceso histórico de desarrollo de vacunas ante grandes procesos epidemiológicos y pandémicos con la indicación de sus principales retos sociales y tecnocientíficos. Desde el análisis documental, se trabaja con publicaciones actualizadas que presentan distintos criterios sobre tipos, mecanismos de acción, disponibilidad y nuevas proyecciones de tecnologías vacunales de carácter genéticas. De igual modo, se precisan los programas vacunales de erradicación anti-COVID-19 desarrollados, sus alcances y proyecciones. Se aporta una clasificación sobre los retos de las vacunas y la vacunación, cuya tipología incluye: los retos globales, nacionales, tecnocientíficos y éticos.

PALABRAS CLAVES: vacunas, vacuna genética, vacunación, vacunas anti-COVID-19, retos de las vacunas y la vacunación.

TITLE: Vaccination and its challenges.

AUTHORS:

1. Spec. Carlos David Castañeda Guillot.
2. Master. Ronelsys Martínez Martínez.
3. PhD. Fernando de Jesús Castro Sánchez.

ABSTRACT: Vaccines are biological products against infectious diseases by immunological stimulus-response, with preventive health impact. The objective of the study was to characterize the historical process of development of vaccines against great epidemiological and pandemic processes with the indication of their main social and techno-scientific challenges. From the documentary analysis, we worked with updated publications presenting different criteria on types, mechanisms of action, availability and new projections of genetic vaccine technologies. Similarly, the anti-COVID-19 eradication vaccine programs developed, their scope and projections are specified. A classification is provided on the challenges of vaccines and vaccination, whose typology includes: global, national, techno-scientific and ethical challenges.

KEY WORDS: vaccines, genetic vaccine, vaccination, anti-COVID-19 vaccines, challenges of vaccines and vaccination.

INTRODUCCIÓN.

La comunidad científica mundial a través de la historia de la humanidad ha contribuido con el resultado de sus investigaciones y participación en distintas direcciones por la salud humana y en especial en el combate de múltiples enfermedades de alta letalidad. Entre sus aportes sobresalen las vacunas y el proceso de la vacunación en prevención de las afecciones infectocontagiosas (Organización Mundial de la Salud, 2021a).

La vacunación iniciada hace 200 años por Jenner ha salvado millones de vidas humanas de todas las edades, desde el niño recién nacido hasta el anciano. Enfermedades infecciosas graves han sido

prevenidas como la viruela, poliomielitis, sarampión, rubeola y tétanos, cólera e influenza entre otras de gran repercusión para la salud y la vida, por campañas y programas nacionales y mundiales de inmunización auspiciados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aconteció con la erradicación de la viruela a nivel mundial en 1980 y la poliomielitis en la región de Las Américas desde 1991. En la actualidad, el azote que vive la humanidad por la pandemia de la COVID-19 convocó a los investigadores y científicos de distintas latitudes del orbe en el esfuerzo para la obtención de nuevas vacunas en el combate de la terrible pandemia que ha causado más de cuatro millones de fallecidos hasta el presente (30/07/2021), con la creación de más de un centenar de candidatos vacunales y disponer al momento actual de un mínimo 12 vacunas desarrolladas con distintas tecnologías (Organización Mundial de la Salud, 2021b).

En epidemiología, expresa Boland (2020), es reconocido el término de inmunidad colectiva (de grupo o de rebaño) que adquiere una población en dependencia al aumento del porcentaje de personas inmunes. Puede ser activa, adquirida por vacunación o pasiva por haber padecido la infección. La vacunación aporta la protección al contagio en relación progresiva de la población que adquiere la capacidad de inmunidad, a mayor número de inmunizados se incrementa con más prontitud y seguridad la protección, la que se alcanza cuando una población está protegida entre un 70% a 90% de inmunizados. Es pasiva para la población no vacunada, sometida a sufrir la propagación de la enfermedad, y de esta manera, adquiere efecto similar de inmunidad del producido por la vacunación, cuando los grupos poblacionales son azotados por el padecimiento causal de la afección productora de epidemias o pandemia con el reconocido riesgo, incluso la muerte o cuando no son vacunados, ya sea por falta de vacuna o por el rechazo a la vacunación (Boland, 2020). Todo esto incluye el estudio de complejas relaciones entre los fenómenos de la enfermedad, la producción de vacunas y los procedimientos de vacunación, así como de la identificación, clasificación y análisis de sus retos (Donges, 2020).

Respecto a este contexto de análisis, es que puede definirse, como problema de investigación del presente trabajo: ¿Cuáles son los principales hitos históricos y retos de la creación de vacunas y de la vacunación como procesos de desarrollo socio técnico en la sociedad?

Para abordar este problema, se plantea el objetivo siguiente: caracterizar el proceso histórico de desarrollo de vacunas ante grandes eventos epidemiológicos y pandémicos con la indicación de sus principales retos sociales y tecnocientíficos.

DESARROLLO.

Materiales y Métodos.

Lo fundamental de la metodología se explica por el enfoque cualitativo del objeto (hitos históricos de las vacunas y la vacunación, las vacunas y la vacunación anti-COVID-19, así como una valoración sobre tipologías de los retos de la vacunación), con el empleo predominante del análisis documental de contenido de la literatura científica referida a la caracterización del proceso histórico de desarrollo de vacunas ante grandes procesos epidemiológicos y pandémicos, así como la indicación de sus principales retos sociales y tecnocientíficos. Al mismo se le reconoce como método general del nivel empírico del conocimiento.

Por las características del problema de investigación planteado, también se recurre a dos métodos de nivel teórico de conocimiento: 1) el análisis histórico – lógico, para caracterizar trayectorias históricas de distintas enfermedades víricas y bacterianas y sus regularidades identitarias en cuanto a orígenes, sintomatología, nivel de letalidad, plataformas de creación/producción de vacunas, entre otras; y 2) el enfoque en sistema, para la estructuración de criterios de selección de los aspectos de estudio de vacunas y vacunación versus enfermedades, así como para la presentación de un criterio sistémico de los retos sociales y tecnocientíficos, que finalmente se presenta en cuatro tipos: globales, nacionales, tecnocientíficos y éticos. Es un criterio planteado y defendido por los autores ante la

doble evidencia de procesos históricos enfermedad-vacunas-vacunación y de las claras y enormes dificultades de planteamiento actual de esa misma relación frente a la emergencia del COVID-19.

Por sus alcances, es un estudio predominantemente descriptivo por el énfasis en la distinción de rasgos históricos, y de actualidad, en la relación enfermedad-vacunas-vacunación, pero con elementos de alcance explicativo y de predictibilidad respecto a los aspectos de las vacunas/vacunaciones emergentes con base en nuevas tecnologías de fundamento genético y a los retos presentes y futuros de la relación sociedad - salud.

Los autores apelaron a una mirada interdisciplinaria del objeto de estudio, desde tres dimensiones fundamentales: la Historia de la Medicina, los Estudios Epidemiológicos, y los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología.

Resultados.

Las vacunas y su desarrollo.

Concepto: las vacunas son productos biológicos que contiene antígenos que al ser administrado son capaces de inducir una respuesta inmune protectora y duradera frente a un microorganismo virulento.

Las vacunas dinamizan el sistema inmunitario, al que estimulan para prevenir y resistir frente a una enfermedad, sin desencadenar los síntomas y establecer una respuesta de protección inmune (Organización Mundial de la Salud, 2021a).

Las vacunas y sus mecanismos.

Los pasos generales que pueden ser aplicables a la mayoría de las vacunas son los siguientes (Organización Mundial de la Salud, 2021a, b):

- 1) Caracterización y purificación o síntesis de los componentes infecciosos que aportan inmunogenicidad a la vacuna, denominados antígenos. Los componentes forman la base para el diseño de la vacuna.

2) Activación y síntesis de anticuerpos por los linfocitos B, derivados de la médula ósea consecutivos a la inmunización, capaces de reconocer y neutralizar los antígenos procedentes de las vacunas.

3) Inducción de la formación y proliferación de células de memoria que permanecen en el torrente sanguíneo y mantienen aptas, ante el caso de producirse infección desencadenar rápida respuesta inmune.

4) Administración: es generalmente al torrente sanguíneo mediante inyección, aunque puede ser por otras vías, que pueden variar de una a tres dosis.

Vías de administración.

Son varias las vías de administración para inocular las vacunas, como las siguientes:

Oral: polio, rotavirus, fiebre tifoidea (atenuada) y cólera.

Internasal: gripe (atenuada).

Subcutánea: triple vírica y varicela.

Intramuscular (profunda): vacunas con adyuvantes.

Parches cutáneos: (en investigación).

Indicación y contraindicaciones.

Indicaciones: Toda la población puede ser vacunada.

Contraindicación: pueden ser permanentes o temporales (suspendida o postergarse), según los siguientes indicadores:

Permanentes:

- Reacción alérgica anafiláctica, previa a la administración de una vacuna o alguno de sus componentes.
- Encefalopatía de causa desconocida, consecutiva a los 7 días post vacunación.

Temporales:

- Enfermedades o tratamientos crónicas: quimioterapia.

- Embarazo, para vacunadas vivas.
- Inmunodepresión, en vacunadas atenuadas.
- Alergias graves: efecto potencial a algún componente de la vacuna.
- Enfermedad grave: cuando se restablezca debe ser vacunado.
- Enfermedades neurológicas, como epilepsia no controlada encefalopatía progresiva, espasmo infantil, síndrome Guillain-Barré dosis y consecutivo a vacunación previa

Dosis de vacunación.

Las vacunas pueden precisar una o varias dosis, el número es variable para obtener el nivel adecuado de respuesta inmune y duración en el vacunado, aunque no resulta totalmente similar a la inmunidad que puede aportar la infección natural. La dosis y el intervalo entre vacunas está relacionado en dependencia a la respuesta al preparado vacunal, las indicaciones de los productores aportados en los estudios preliminares de Fase III y el nivel de comportamiento de las epidemias o pandemia para lograr la erradicación de la circulación del agente infecciosos en la sociedad, pueden determinar la administración de dosis de refuerzo.

Vacunas disponibles.

Tipos de vacunas.

La OMS divide a las vacunas con base en los métodos usados para su creación, sean virales o bacterianas: en íntegras, de fragmentos del agente infeccioso o solo del material genético que contiene las instrucciones dirigidas a proteínas específicas y no todo el patógeno. Para producir la respuesta inmune (Organización Mundial de la Salud, 2021b).

Es clásica la clasificación establecida de vacunas víricas y bacterianas, las primeras son catalogadas en dependencia a su preparación en enteras (vivas o atenuadas y las muertas o inactivadas) y de subunidades, específicamente las vacunas de los virus de la hepatitis B, el papiloma humano y de la gripe fraccionada o subunidades. Entre las vacunas de virus vivos o atenuados, se incluyen la

poliomielitis oral, la fiebre amarilla, el rotavirus, la vacuna de sarampión-rubeola-parotiditis, conocida como triple viral y la varicela y entre las vacunas de virus muertos o inactivos a la poliomielitis (inyectable), encefalitis transmitida por garrapatas y la japonesa, hepatitis A y la rabia. Las vacunas bacterianas han sido divididas en seis tipos: acelulares (tosferina acelular); conjugadas o polisacáridos y proteínas (hemophylus influenza tipo B, meningococo A y C, neumococos 10 y 13 valentes); enteras de germen vivo o atenuada tuberculosis -BCG- y fiebre tifoidea (oral) y germen muerto o inactivados (cólera oral); de polisacáridos capsulares de tipo muerto o inactivo (fiebre tifoidea parenteral y neumococo 23 valente); proteínas de superficie (meningococo B) y toxoides (difteria y tétanos) (Boland, 2020).

En las vacunas vivas o atenuadas, los gérmenes son modificados para perder su poder de virulencia, pero estos mantienen capacidad inmunogénica, tras reproducir en el organismo una infección inaparente y estimular la respuesta inmune celular y humana. Generalmente estas vacunas requieren de una sola dosis, suficiente para la protección, aunque se recomienda usar dos dosis para evitar posibilidad de fallos en el proceso de vacunación, que resulta de refuerzo o memoria, mientras en las vacunas de gérmenes muertos o inactivados, estos son sometidos a métodos físicos o químicos y se requieren varias dosis para lograr la inmunidad adecuada, pues la respuesta inmune es menos potente por lo que suelen asociarse a adyuvantes para potenciar la inmunogenicidad.

Hitos históricos en el desarrollo de las vacunas.

Viruela.

Fue una enfermedad ancestral, se remonta a más de 10 000 años desde antes de Nuestra Era, conocida como la primera enfermedad contagiosa en la historia de la humanidad, causa de grandes pandemias que dañó, desfiguró y produjo la muerte de millones de seres humanos en todos los continentes, en la antigüedad, época medieval y contemporánea de Nuestra Era. Es célebre su diseminación en las Américas durante la conquista española, como una catastrófica pandemia que diezmó y causó la

muerte a más del 90% de la población nativa. En el siglo XX cobró la vida de 300 millones de personas (Guillot & Serpa, 2020).

El célebre médico inglés Edward Jenner (1749-1823), hace 200 años experimentó el método de raspado de la piel con linfa de escoriación de lesión de una ordeñadora de ganado vacuno, que afirmaba haber padecido la enfermedad transmitida por el ganado afectado de viruela, y le dio la clave para descubrir la vacuna contra la viruela. Sus observaciones se basaron en el contacto de las ordeñadoras de vacuno eran refractarias a padecer la enfermedad tras haber sido infectadas, lo que permitió establecer el método de inocular el germen productor. Este procedimiento llamado “virilización” demostró el efecto protector contra la infección y permitió años después la creación de una vacuna contra la viruela que fue la primera vacuna usada en el humano resultado de los experimentos de *Jenner*, iniciador de la era de las vacunas (Simmons, et al, 2015).

Los aportes de Jenner fueron seguidos por el francés *Louis Pasteur* (1822-1895) impulsor del desarrollo de la bacteriología y gran precursor de la vacunación. Se destacó en sus estudios para tratamiento y prevención de la rabia en el humano con la administración en 1885, de vacuna atenuada por métodos químicos. Así mismo, Pasteur desarrolló estudios que permitieron demostrar la viruela se podía evitar si se infectaba al humano mediante la vacunación con gérmenes debilitados. Sus decisivas investigaciones fueron trascendentales en el desarrollo de la vacunación (Berdasquera et al, 2020).



Edward Jenner (1749-1823)



Louis Pasteur (1822-1895)

Figura 1. Precursores de la vacunación. Fuente: fotos tomadas de Google.

En 1980, hace 40 años, la OMS certificó la erradicación mundial de la viruela resultado del Programa Mundial (1966-1980), mediante la cooperación internacional entre los países del orbe necesaria para alcanzar el gran éxito de inmunización auspiciado por la OMS, de trascendencia histórica para la salud humana (Organización Mundial de la Salud, 2010c).

Poliomielitis.

La poliomiélitis es una enfermedad de origen viral transmisión fecal-oral, de persona a persona, muy contagiosa que puede afectar el sistema nervioso (1 x 200) y ocasionar parálisis permanente de miembros superiores o inferiores, generalmente asimétrica y hasta dañar el cerebro, al poder afectar la respiración y provocar parálisis respiratoria con la posibilidad de muerte. Es habitualmente asintomática, a veces se puede presentar por manifestaciones de gripe (5-10%) y a posteriori localización neurológica.

En 1951, el virólogo estadounidense de origen judío *Jonás Salk* logró la creación de la primera vacuna mundial antipoliomielítica inactivada (virus muerto), de administración por vía intramuscular en tres dosis, y años después, en 1955, el médico-investigador polaco *Albert Sabin* desarrolló en la Universidad de Cincinnati, una vacuna oral de administración.

Ambos célebres descubrimientos fueron decisivos en el combate mundial contra esta terrible enfermedad. En 1985, los países de Las Américas establecieron la meta de erradicar la polio. En 1991, se detectó en Perú el último caso de la enfermedad, y en 1994, se verificó y certificó por la OMS la ausencia de circulación del virus en la región (Pan American Health Organization, 2017). Las campañas de inmunización impulsadas en todos los países permitieron alcanzar el logro sanitario de demostrar la eficacia de la vacuna oral para su erradicación en muchos países del orbe hace 30 años; sin embargo, a pesar de las campañas mundiales en muchos países con resultados de total erradicación, aún en algunos de Asia y sitios apartados de África se reportan niños con parálisis permanente debido al virus. La Agenda Mundial de Inmunización de la OMS ha postulado la erradicación de la poliomielitis para el año 2030 (Organización Mundial de la Salud, 2019d).

Sarampión.

Es una enfermedad viral muy contagiosa producida por virus de la familia *paramixovirus* y se transmite por el aire, causante de grandes epidemias que provocan elevada mortalidad en los países en desarrollo con niveles pobres de vacunación.

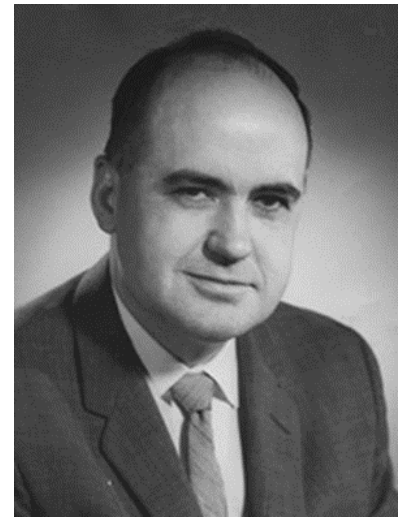
En 1963 fue obtenida una vacuna, que unida a la vacuna contra la parotiditis en 1967 y contra la rubeola en 1969, permitió al microbiólogo Maurice Hilleman (1919-2005) del Instituto de Investigación Terapéutica Merck en 1971 realizar nueva vacuna combinada para los tres virus causantes de dichas infecciones, reconocida como la vacuna triple viral (MMR por sus siglas en inglés), que fue posteriormente combinada con el virus de varicela zóster, con la creación de vacuna cuádruple de virus atenuados para la protección del sarampión, rubeola, parotiditis y varicela, de administración intramuscular en dos dosis. Estas vacunas contra infecciones virales han prevenido contra la muerte a millones de humanos.



Jonás Salk.



Albert Sabin.



Maurice Hilleman.

Figura 2. Creadores vacunas poliomielitis-sarampión. Fuente: fotos tomadas de Google.

El desarrollo alcanzado en la década de los años 60 del siglo XX con la vacuna del sarampión y otros virus referidos, fue adoptado rápidamente en muchos países en sus Programas Nacionales de Inmunización iniciando a partir del año 2001 campaña contra el sarampión auspiciada por la OMS, UNICEF y el Centro de Control de Enfermedades de EE. UU (este último para dicho país), cuya contribución fue decisiva para reducir la incidencia en el año 2008; sin embargo, esta estrategia de erradicación desde ese año decayó por distintas causas de financiamiento de los programas, influyendo en un aumento de la contagiosidad del sarampión y sus consecuencias de morbimortalidad con aparición de brotes en países asiáticos: Tailandia, Indonesia y Vietnam; y europeos Bulgaria y Reino Unido, en este último, el resurgimiento del sarampión se vinculó al rechazo a la vacunación, por la concepción de ser causante del autismo, criterio erróneo difundido en publicación científica con grave consecuencia para la prevención de la infección. Estos efectos determinaron un aumento diez veces por encima de los valores en la década anterior de la enfermedad. En la actualidad, la OMS ha declarado estrategia de erradicación para el sarampión en el año 2030 (Organización Mundial de la Salud, 2019d).

Surgimiento de vacunas en el siglo XX.

En el curso del siglo XX, se desarrollaron numerosas nuevas vacunas en la prevención de una serie de frecuentes enfermedades infecciosas virales y bacterianas impulsadas por destacados especialistas en vacunación, como M. Hilleman, célebre investigador, entre los más destacados en toda la historia de la creación de vacunas, llamado el “gigante de la vacunología”, reconocido como el “vacunólogo del siglo XX”, cuyos decisivos e innovadores trabajos durante más de seis décadas dieron como resultado múltiples nuevas vacunas, como la referida para la prevención del sarampión, parotiditis y varicela; además para la pandemia de gripe asiática de 1957 y de Hong Kong en 1968; hepatitis A y B (vacuna recombinante), neumococo y meningitis tipos A y C.

La primera vacuna mundial para el meningococo del serogrupo B, para prevenir la enfermedad meningocócica B, fue obtenida en 1986 en Cuba por investigadores del Instituto de Vacunas Finlay de La Habana, lo que significó un gran progreso contra dicha terrible afección, en el contexto de la vacunación en el ámbito científico latinoamericano (Sierra-González, 2020).

Merece ser destacado también el impacto de la disponibilidad de vacunas de alta eficacia para prevenir causas virales potenciales de cáncer, como el virus de la hepatitis B y el virus del papiloma humano y el resultado programas para su eliminación. Por otra parte, la alta eficacia de la vacuna contra el cólera, enfermedad que ha causado siete grandes pandemias en el curso de la historia y aún persisten eventuales epidemias en años recientes en distintos países de África, Asia e incluso en Latinoamérica, fue de gran repercusión (Guillot & Serpa, 2020).

Al momento actual, se disponen vacunas orales (VOC) de nueva generación y bajo costo para todas las edades, incluso la mujer embarazada. De igual manera, fue desarrollada vacuna para la influenza A causante de la pandemia del virus SARS (H1N1) de los años 2009-2010 de este milenio (Greco, et al, 2021).

El Programa Ampliado de Inmunización fomentado por la OMS para cumplimiento en todos los países del orbe hasta los 18 años de edad, de aplicación paulatina desde el nacimiento, durante el primer año de edad, la infancia y adolescencia es exponente de la estrategia mundial para la prevención y erradicación de distintas enfermedades infecciosas y salvar vidas humanas.

Vacunas emergentes.

El desarrollo de novedosas vacunas frente a enfermedades graves, como la malaria, son una realidad de gran importancia científica y sanitaria para la salud mundial. Así mismo, los estudios que se ejecutan en la vacuna contra el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), unido a las investigaciones contra el virus sincitial respiratorio, la tuberculosis y los resultados contra las cepas de las que son expresión el desarrollo de las estrategias en el combate de infecciones antiguas y causas de epidemias nuevas y la pandemia actual del COVID-19, con el advenimiento de las nuevas tecnologías de fundamento genético obtenidas en tiempo récord, con vacunas de ácido ribonucleico mensajero (ARNm) y otros métodos resultan clave. Estos resultados son promisorios para desarrollar, por primera vez, vacunas contra la gripe común, el VIH; virus emergentes, como el Zika y el Nipah, el cáncer y la vacuna cuadrivalente contra la influenza estacional, incluso para enfermedades cardíacas y genéticas raras.

Vacunas genéticas.

El efecto del mecanismo de la vacuna basada en la tecnología genética de ácido ribonucleico mensajero (ARNm) es distinto al de las clásicas vacunas atenuadas, pues se incorporan informaciones de naturaleza genética a las células del huésped, la que aportan las instrucciones para las respuestas de copias virales con la correspondiente producción de anticuerpos y células T auxiliares CD4 +, reclutan células T citotóxicas CD8 +, también conocidas como células T asesinas, a través de la vía principal de histocompatibilidad de clase I. De esta forma, la estimulación celular

produce el antígeno encargado de responder a la infección (Abassi, 2020). Es en la denominada proteína de pico de los coronavirus (COVID-19), situada en la superficie del virus, donde se inicia en la célula la infección de la enfermedad, mientras que con la vacuna genética solo se aporta el material de genes que indica como producir la proteína de pico, a la cual se le desencadena una respuesta de anticuerpos, que provocará la protección a la infección de las células.

Las vacunas de ADN o ARNm poseen la particularidad de suministrar ácidos nucleicos desnudos, o más recientemente, los encapsulan en una nanopartícula portadora con las instrucciones genéticas del patógeno para indicar las respuestas inmunes. La secuenciación genética de la COVID-19 fue realizada por investigadores chinos a inicios del pasado año 2020, lo cual representó decisiva información para desarrollar la vacuna genética contra la COVID-19 (Abassi, 2020).

Validación de las vacunas.

Dos etapas son imprescindibles para obtener una vacuna, las que son descritas a continuación:

1. Ensayo Experimental en animales (Fase 0): Evaluar seguridad y posibilidad de prevención de la enfermedad
2. Ensayo clínico en humanos: Tres fases.

El primer ensayo de una vacuna experimental se realiza con animales, con el fin de evaluar su seguridad y sus posibilidades para prevenir la enfermedad. Con posterioridad, se realizan ensayos clínicos con seres humanos, en tres fases:

Fase I. Administración de la vacuna a un número limitado de voluntarios.

- Seguridad.
- Inmunogenicidad (respuesta inmunitaria).
- Dosis adecuada.

Fase II. Administración a cientos de voluntarios, caracteres similares (edad y sexo). Se mide en grupo de estudio y en grupo placebo.

- Reactogenicidad (efectos adversos).
- Inmunogenicidad.

Fase III. Administra a miles de voluntarios, algunos como control y placebo.

- Seguridad.
- Eficacia contra la enfermedad estudiada.

Se analizan resultados obtenidos y se aplican medidas de eficacia, seguridad y fabricación para someter con los criterios establecidos de inocuidad y eficacia a la Entidad Reguladora Normativa de la Salud Pública Nacional.

Aplicación de la vacuna, siguiendo Programas Nacionales de Vacunación.

Se ha señalado que las instituciones de salud mantendrán el control de los resultados de aplicación y seguimiento evolutivo de la inmunización a largo plazo (Organización Mundial de la Salud, 2021a).

Tipos de modelos de vacunas contra el COVID-19.

| Tipos de Vacunas | Características | Respuesta Inmune |
|---|---|--|
| Atenuada | Virus vivo atenuado (virus debilitado) | Reconoce y combate, previene la infección del virus |
| Inactivada | Virus inactivado entero, (muerto) o fragmento | Aprende a reconocer al virus muerto y fragmentos, reacciona rápido frente al virus |
| Subunidades (Proteicas) | Formada por proteínas de la superficie viral. La proteína más usada es la “proteína S” | Reconoce la proteína y previene la entrada del virus a la célula, al unirse el Sistema Inmune a la “proteína S”, evita células infecten |
| Vectores Víricos | Se usa virus inofensivo con modificación genética actúa como mensajero o vector que introduce pequeños fragmentos ADN o ARN | Produce una proteína específica del virus “proteína S” por fragmentos ADN o ARN al entrar el virus a las células del organismo humano |
| Vacunas de ADN O ARN Mensajero ARNM) | Contiene plásmidos o liposomas con porción de ácido nucleico del virus (ADN o ARN) con información genética | Efecto similar a vectores víricos Organismo fabrica directamente proteína del virus “proteína S” Ácido nucleico administrado se inserta en células humanas y produce copias proteínas virales a la que reacciona el Sistema Inmune |

Fuente: elaboración propia a partir de la Organización Mundial de la Salud (2021a).

Vacunas disponibles para prevención de la COVID-19.

| Identificación | Procedencia | País | Eficacia |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------|
| NVX Cov2373 | Novavax | EE. UU. | 96.0 % |
| Comirnaty | Pfizer / BioNTech | EE. UU. – ALEMANIA | 95.0 % |
| mRNA – 1273 | Moderna | EE. UU. | 94.1 % |
| Abdala | Centro Ing. Genética y Biotecnología | CUBA | 92,28 % |
| Sputnik V | Instituto Gamaleya | RUSIA | 91.6 % |
| BBIBP | Sinopharm | CHINA | 79.0 % |
| Covaxin | Barac Biotech | INDIA | 78.0 % |
| AZD1222 Covishield | Universidad Oxford AstraZeneca | INGLATERRA – SUECIA | 76-0 % |
| Ad26.COV. S | Johnson & Johnson | EE. UU. – FRANCIA | 72.0 % |
| CoronaVaC | Sinovac | CHINA | 50.7 % |

Fuente: elaboración propia.

Variaciones del virus SARS-CoV 2.

En el curso de la pandemia, y a nivel global en países de alta prevalencia, se han desarrollado distintas mutaciones infecciosas del virus de gran contagiosidad y virulencia, que se han difundido a través del orbe, las cuales basadas en el alfabeto griego han sido denominadas por la OMS en alfa, beta, gamma, delta y lambda.

El impacto y difusión de las variantes llamadas de preocupación experimentadas por el virus a través de nuevas transmisiones en el humano han merecido por su elevado riesgo la atención internacional, incluido el efecto sobre la protección vacunal. Estas variantes producen mayor infecciosidad, y son responsables de mayor letalidad, las cuales han surgido principalmente en los países con bajas tasas de vacunación. Las variantes surgidas son alfa, beta, gamma, delta y lambda, proceden de distintos de regiones del orbe, correspondientes a África, Europa, América y Asia (Zhou & Wang, 2021).

La variante alfa (Reino Unido) ha afectado a 154 países, la beta (Suráfrica) a 115 países. La variante gama (Brasil) se ha difundido a 168 países, de gran infecciosidad y la delta (India), conocida también como 216,2, es la de mayor infecciosidad, reportada en 102 países desde febrero del año 2021 al presente, cinco meses después: A su vez se ha precisado una mutación representada por la cepa delta con la surafricana, llamada variante delta plus, aún más grave y de mayor infecciosidad. La variante

delta es más contagiosa que el ébola o la viruela y se propaga con rapidez, por lo que es tan contagiosa como la varicela y de mayo a julio 2021 la infección ascendió de 10% a 97% de la población mundial. La variante lambda es también de alta contagiosidad, fue descubierta en Perú, país que reporta la mayor tasa de letalidad por población a nivel mundial. Estas nuevas cepas procedentes han predominado en países no vacunados o con un muy bajo índice (como sucedió en el Reino Unido previo a la campaña de vacunación) han llegado a los ya vacunados y exponen el riesgo de perpetuidad de la COVID 19 por un largo período en años futuros (Zhou & Wang, 2021).

En países de alta prevalencia, hay riesgo de contagio de la enfermedad a pesar de la vacunación, pues la proporción de la población global inmunizada es minúscula, lo que obliga por el alta infecciosidad del virus y sus variantes complementar las medidas de prevención (uso mascarilla, distanciamiento social, higiene de las manos).

Características de una vacuna ideal.

1. Reproducir una respuesta inmunitaria similar a la infección natural.
2. Efectividad (más del 90% de protección).
3. Seguridad y mínimos efectos adversos.
4. Inmunogenicidad permanente y largo plazo.
5. Dosis única y compatibilidad con otras vacunas.
6. Administración no invasiva (a preferencia vía oral).
7. Administración precoz, en los primeros meses de vida.
8. Estable a temperatura ambiente.
9. Producción fácil y económicamente sustentable.

Principales vacunas creadas.

El desarrollo de las vacunas en la historia y su creación por países se resume a continuación:

- 1796: Viruela – Inglaterra.
- 1885: Rabia – Francia.
- 1909: Tifus - Estados Unidos.
- 1921: Tuberculosis (BCG) – Francia.
- 1923: Difteria – Francia.
- 1924: Tétanos – Francia.
- 1931: Tos Ferina - Estados Unidos.
- 1936: Fiebre amarilla - Estados Unidos.
- 1952: Poliomiелitis - Estados Unidos.
- 1962: Sarampión - Estados Unidos.
- 1967: Parotiditis (Paperas) -Estados Unidos.
- 1969: Rubéola - Estados Unidos.
- 1974: Meningitis (A y C) Estados Unidos.
- 1981: Hepatitis B - Estados Unidos.
- 1983: Neumococo - Estados Unidos.
- 1984: Varicela - Estados Unidos.
- 1985: Haemophilus influenzae - Estados Unidos.
- 1989 Meningitis B – Cuba.
- 1991: Hepatitis A - Estados Unidos.
- 1993: Fiebre Hemorrágica Argentina (FHA) - Estados Unidos.
- 1998: Rotavirus - Estados Unidos.

En el Nuevo Milenio, durante las dos primeras décadas, han continuado los avances con el desarrollo de nuevas vacunas:

- 2006: Virus Papiloma Humano – Alemania.

- 2009: Gripe (Influenza A SARS – H1N1) - Estados Unidos.
- 2012: Hepatitis E – China.
- 2019: Ébola - Estados Unidos.
- 2020- 2021: SARS–CoV 2 (COVID-19) – Estados Unidos, Europa, Rusia, China y otras naciones industrializadas y en vías de desarrollo.

La exposición de estos resultados, mayormente sostenida en la descripción histórica, también contiene una lógica intrínseca de conflictos y retos, característico de los procesos de creación de vacunas y su socialización, para el que es más adecuada la denominación de proceso de creación socio técnica. Sobre este ámbito de análisis/debate se enfatiza en la siguiente sección.

Discusión de resultados.

Para la sección de “Discusión de resultados” se realiza un doble procedimiento; por un lado, se ofrece la interpretación de los mismos según el criterio de los autores del presente trabajo, con el énfasis en una propuesta de tipología de los retos del proceso enfermedad/vacunación/salud, y por otro lado, se indican coincidencias respecto a partes en ese análisis con distintos autores, toda vez que no ha sido constatado hasta el momento una clasificación o tipología diferente en cuanto a los retos para establecer similitudes o diferencias más integrales.

Primeramente, puede considerarse, que los resultados alcanzados con la creación de múltiples vacunas, desde los primeros pasos iniciados con este proceder socio técnico, hace 200 años, dirigido a la prevención de enfermedades infectocontagiosas que han azotado la humanidad, abrió nuevas perspectivas en el combate frente a las más frecuentes infecciones en la infancia con la vacunación desde el nacimiento hasta los 18 años de edad y a posterior en el curso de la vida adulta dirigidas a enfermedades reconocidas para la humanidad toda, como acontece con las epidemias y pandemias.

A partir de este criterio ampliamente reconocido es que se despliega un amplio debate en torno a con qué posibilidades reales presenta la humanidad para afrontar las exigentes condiciones de

enfermedades de origen viral o bacteriano que pueden escalar hacia procesos pandémicos por la brevedad del tiempo y el alcance desde espacios locales hacia espacios nacionales, regionales o de nivel mundial.

En el criterio de los autores, podría afirmarse que existe una “ecuación ideal” para el enfrentamiento exitoso de las crisis pandémicas, como las ocurridas en distintos momentos históricos (algunas de las principales analizadas en el presente artículo), y que se presenta en su máxima necesidad en el momento actual, con la elevada complejidad, creciente incertidumbre y muy negativos impactos que provoca el SARS-CoV 2 (COVID-19).

Tal tipo de condición se refiere a la necesaria inter- incidencia, sin obstáculos insalvables, entre dos tendencias objetivas del progreso humano: el desarrollo social y el desarrollo tecnocientífico. La solución creadora de conflictos reales a ese nivel general se constituye a la vez en sólido cimiento para despejar los retos de un proceso más específico, igualmente de esencia social y tecnocientífica, como la vacunación, que deviene mecanismo no único, pero sí de imprescindible puesta en práctica para asegurar la continuidad del desarrollo de la humanidad.

Analizado hacia la actualidad, y referido a esta encrucijada en la relación salud – enfermedad, hay que considerar en la dimensión del desarrollo social a los contextos y contradicciones tanto de carácter global (en la sociedad a nivel mundial) como nacional (al interior de los países). Por su parte, en la dimensión del desarrollo tecnocientífico, la atención estaría en procesos relacionados con la producción, difusión, aplicación y generalización de conocimientos y tecnologías asociados principalmente con los ámbitos de las biociencias y la medicina, directamente implicados en las respuestas tanto preventivas como terapéuticas.

Es en esos términos, que adquiere sentido una caracterización más concreta y completa de los retos de las vacunas y la vacunación, fenómeno con antecedentes ya vividos en los casos de enfermedades como el Ébola o el VIH, pero de especial urgencia como “creación socio técnica” para el control de

la COVID-19. En ello coinciden distintos autores, cuando indican que “la llegada del SARS-CoV-2 ha trastornado el mundo por su impacto financiero, social, económico y por su gran morbilidad y mortalidad (...) pareciera que solo el disponer de vacunación universal cambiará la historia natural de la enfermedad” (Sánchez-Cárdenas, 2020).

¿Qué realidades, en ambas dimensiones, se manifiestan como retos principales a las vacunas y la vacunación y desde qué clasificación se propone su comprensión por parte de los autores de este trabajo?

A continuación, el lector encontrará un análisis concebido para el espacio limitado de esta sección, desde una clasificación en retos globales, retos nacionales, retos tecnocientíficos y retos éticos.

Entre los retos globales, figuran como principales a considerar:

1. Economía versus salud.
2. Competitividad versus cooperación.
3. Relaciones entre países industrializados y países en desarrollo.
4. Creación de vacunas y vacunación.

La contradicción economía versus salud es lo que se puede denominar una contradicción real en medio de un contexto de pandemia, con incidencias hacia los procesos de creación de vacunas y su implementación mediante la vacunación. La misma tiene connotación acrecentada en la actual sociedad global constituida por una población que ya sobrepasa los siete mil millones de habitantes. Como contradicción real, no admite soluciones que privilegien un único polo de la misma (economía o salud), sino con lo que desde el pensamiento dialéctico se considera “eslabones mediadores”.

Favorecer el desarrollo económico sin atenciones a posibles restricciones temporales o la adopción de mecanismos alternativos de actividad laboral para la salvaguarda de la salud en medio de la crisis pandémica, se ha comprobado tan peligroso como insostenible es hacer prevalecer confinamientos desmedidos en términos geográficos y poblacionales. Se requiere, por igual, asegurar el crecimiento

económico desde las garantías grupales e individuales a la salud, como potenciar desde el avance de la actividad económico-productiva los enormes gastos y exigencias de calidad de los servicios de salud en medio del foco pandémico.

Al respecto, tiene carácter mediador en este conflicto la propuesta de autores como el Dr. Juergen B. Donges, con quien coinciden los autores de este trabajo y para quien: “El futuro económico de momento estará caracterizado por una “economía-pandemia”. Con políticas adecuadas se podrá relanzar la actividad e instalarla en una senda de crecimiento sostenido, aunque posiblemente con un perfil más bajo que en los últimos diez años. Una *conditio sine qua non* es el retorno al Estado de Derecho que ha sido últimamente erosionado por el recorte de derechos fundamentales de los ciudadanos con respecto a la iniciativa privada...” (Donges, 2020).

Complemento en planos más prácticos han resultado las experiencias como el teletrabajo, que apoyado en el avance de las TIC ha contribuido a la dinámica y aportes de una parte significativa de la economía productiva y en particular de los servicios. Al igual que el teletrabajo, entre otras, las más razonables alternativas deben ser inclusivas, no exclusivas, para ambos procesos (economía – salud); por un lado, se salvan vidas y fortalece la salud, y por otro lado, se aporta al sostenimiento de la economía como fuente de empleo, producción de riquezas y bienestar.

En cuanto al conflicto entre competitividad versus cooperación, no debe haber dudas sobre los impactos negativos de aquellas políticas y acciones que a nivel global perduren en afectar o incluso anular uno de los procesos, mayormente en perjuicio de la cooperación. Lo que prevalece en el afán de las ventajas en los ingresos es la competencia impulsada desde la gran empresa (en la forma predominante de consorcios farmacéuticos), por más que se acepte en las comunidades académicas y científicas que el trabajo científico cooperado es consustancial a las “creaciones socio técnicas”, como es el caso de la creación de vacunas. Un criterio similar puede encontrarse en (Marchiori & Tobar, 2020).

Otro ámbito de retos en lo global a la creación de vacunas y propiamente a la vacunación, lo constituye el déficit de relaciones entre países industrializados y países en desarrollo. Ha sido reiterado, que con respecto a este particular, son muchas las desventajas para los países en desarrollo o subdesarrollados.

Según Gaus (2021), la asignación de vacunas de COVID-19 destaca otro problema que contradice el supuesto hipotético de la preocupación por la salud global, porque no existe gobernanza en cuanto a salud global actual, lo que prevalece es la preocupación de cada país por sus propios intereses. En otro momento de su explicación, evidencia como datos contundentes que América del Sur y África, con el 25% de la población mundial, representa tan solo 8% del total de vacunas, muestra de la inequidad entre países ricos y países pobres; no obstante lo anterior, comienzan a ser esperanzadoras las experiencias de producción compartida de vacunas entre distintas naciones, incluso con implicación de naciones latinoamericanas.

De particular impacto en el terreno de la producción de vacunas y el desarrollo de la vacunación son los retos nacionales. La singular prevalencia de proyectos económicos neoliberales durante las últimas dos décadas ha hecho palpable un proceso en cadena donde a la retirada de la acción social del Estado ha seguido el debilitamiento de los sistemas de salud, la pandemia ha evidenciado una sorprendente desorganización e indefensión en gran parte de los sistemas nacionales de gobierno y salud, incapaces de enfrentarla con la efectividad requerida.

Otras secuelas derivadas del mismo escenario lo constituyen el deterioro de los sistemas educativos y derivado de esto la mayor atomización y desarrollo desigual en las estructuras sociales, dado que la educación como sistema en sus distintos niveles funciona como mecanismo de cohesión social. Al no constituirse como tal, afloran distintas manifestaciones negativas para el campo de la salud como la escasa cultura sanitaria frente a las enfermedades y hasta la proliferación de expresiones tan de moda como inexplicables, que en forma de teorías conspirativas consideran a las vacunas como

procedimientos más peligrosos que beneficios para la salud, con el consiguiente deterioro en los ritmos y nivel de socialización de la vacunación. De tal forma, los tiempos perdidos, favorecen la aparición de mutaciones y nuevas cepas virales que a su vez deterioran los indicadores de eficacia de las vacunas.

No menos importantes son los retos de carácter tecnocientífico, que como se señaló, abarcan todos los momentos de desarrollo de la ciencia y la investigación científica. Varios integran la lista de los factores considerados “externalistas” (factores colaterales no asociados al contenido de las teorías/tecnologías, pero que se saben muy integrados a los alcances de esos resultados para el caso de las vacunas). Entre otros, destacan: la calidad y seguridad de la materia prima, la financiación, los múltiples obstáculos en el proceso de escalado desde el laboratorio a la fase industrial, la fortaleza del talento humano o la cooperación interinstitucional. Es obvio, que el aseguramiento de este conjunto de factores constituye un gran reto tanto para los hacedores de políticas de ciencia e innovación como para las propias comunidades o equipos de investigadores.

Otros retos, también de tipo tecnocientíficos, se incluyen en los denominados factores “internalistas”, directamente asociados al contenido y proceso de sucesión/renovación de las teorías/tecnologías, así como a las características y fortalezas de la cultura epistémica y científica de los investigadores. Este no es un factor menor para el caso de la creación de vacunas, las cuales se desarrollan a un mismo tiempo en distintos países y siguiendo plataformas o formatos tecnológicos diferentes.

Lo anterior se ha venido cumpliendo para las vacunas anti-COVID-19, para las que se reconocen no menos de tres grandes plataformas: las de genética mRNA (Pfizer), las de vector viral (AstraZeneca, Sputnik V) y las de virus inactivado (Sinopharm). Los criterios de novedad, calidad, seguridad, efectividad, eficacia, entre otros, acompañan a estos productos y a las corporaciones y naciones que los sostienen, generándose una confrontación aguda e interminable que puede favorecer o afectar su aceptación entre el público especializado y general. Esas realidades intrínsecas actúan como

mecanismos de presión y mayor/menor elección para las vacunas, no pocas veces en detrimento de su más rápida aplicación y generalización.

Finalmente, se encuentran los retos relacionados con la ética (bioética) en investigaciones de salud, los cuales son igualmente importantes. Entre los campos de la ciencia actual con mayor repercusión de tipo moral están las investigaciones biomédicas. Distintas razones lo determinan: primeramente, la ciencia (tecnociencia) de salud ya no es actividad humana individualizada, de hombres aislados, es una actividad social de producción, difusión y aplicación de conocimientos y tecnologías. A su interior, casi todo se hace en comunidad y eso necesita ser regulado y formado moralmente. Como segundo decisivo aspecto, la ciencia (tecnociencia) de salud ya interviene en objetos muy incidentes (y posiblemente catastróficos) que comprometen la propia vida, como: la información genética, la reproducción asistida, entre otros. Demasiada incertidumbre y peligros para confiar en compromisos de buena fe sin control.

La implicación del complejo ciencia-gobierno-industria en la carrera de (por) las vacunas exige férrea regulación ética (bioética) por muy variados factores, como: 1) la correlación entre celeridad en lo temporal y seguridad en resultados y productos; 2) respecto a métodos y procedimientos que pueden acompañar el proceso investigador, y que en algunos casos como las estrategias de pruebas de exposición directa al virus de voluntarios puede significar en positivo en la más rápida disponibilidad, pero en negativo en cuanto a dilemas morales, y 3) por el necesario compromiso de naciones, industria y comunidad científica a la búsqueda de la accesibilidad a las vacunas desde criterios de justicia y equidad, a lo cual clama la población y no pocas veces se resiste el sector económico (Laiter, 2021).

Se exponen así la relación de retos más significativos que presentan los principales hitos históricos en el mundo de las vacunas, argumentados en los diferentes momentos de este trabajo, desde el criterio de los autores y la validación del criterio experto de los autores referenciados. Es un análisis

que habrá que considerar abierto a nuevos elementos que se revelarán en la enorme batalla científica y social contra el COVID-19.

CONCLUSIONES.

La vacunación como beneficioso procedimiento para preservar la salud humana de múltiples enfermedades y los aspectos más sobresalientes para su creación a través de la historia fueron analizados. Los criterios, metodologías de validación, argumentos implicados, rasgos de su uso y aportes más exitosos fueron descritos, como la erradicación de la viruela mediante campaña de vacunación mundial auspiciada por la OMS lograda hace 40 años y del Sarampión en la región de las Américas concluida en 1991. Se insistió en el rol de la obtención de vacunas en el combate contra enfermedades infectocontagiosas graves y los proyectos de elaboración de nuevas vacunas basadas en la tecnología genética, tal y como tiene lugar en la creación de vacunas anti-COVID-19.

Se caracterizaron los retos para la relación sociedad-salud-enfermedad de las vacunas y la vacunación en cuatro categorías, fundamentados en globales, nacionales, tecnocientíficos y éticos. Como criterio de los autores del presente trabajo queda abierto a su enriquecimiento en estudios futuros y con el contrapunteo de criterios que aporten otros estudios. Se llamó la atención sobre la trascendencia sanitaria, económica, política y sociocultural de estos retos en el contexto de la pandemia de la COVID-19.

Se enfatizó sobre el valor de la prevención frente a la pandemia de la vacunación masiva a la población para lograr la intervención sanitaria mediante el Programa Ampliado de Inmunización planteado por la OMS, lo cual puede conllevar a la inmunidad colectiva y así atenuar los efectos de aparición de variantes del virus conocidas como de alta transmisibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Abbasi, J. (2020). COVID-19 and mRNA vaccines—first large test for a new approach. *Jama*, 324(12), 1125-1127.

2. Berdasquera Corcho, D., Cruz Martínez, G., & Suárez Larreinaga, C. L. (2000). La vacunación: Antecedentes históricos en el mundo. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 16(4), 375-378. <http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v16n4/mgi12400.pdf>
3. Boland B. (2020) ¿Qué es la inmunidad en rebaño? (sitio web). Banner Health. <https://www.bannerhealth.com/es/healthcareblog/teach-me/what-is-herd-immunity>
4. Donges, J. B. (2020). Coronavirus y economía: retos comunes e inusitados. Documentos a debate. Madrid: Universidad de Alcalá. https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/43146/coronavirus_donges_IDOEDB_2020_N101.pdf?sequence=1&isAllowed=y
5. Gaus, D. (2021). COVID-19: vacunas. En: *Práctica Familiar Rural*, marzo; 6 (1), 1-5. <https://www.practicafamiliarrural.org/index.php/pfr/article/view/196/244>
6. Greco, S., Bella, A., Bonsi, B., Fabbri, N., Califano, A., Morrone, S., ... & Passaro, A. (2021). SARS-CoV-2 infection and H1N1 vaccination: does a relationship between the two factors really exist? A retrospective analysis of a territorial cohort in Ferrara, Italy. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 25, 2795-2801.
7. Guillot, C. C., & Serpa, G. R. (2020). Principales pandemias en la historia de la humanidad. *Revista Cubana de Pediatría*, 92, 1-24.
8. Laiter, Y. Z. (2021). Las vacunas contra el Covid-19: dos dilemas éticos a considerar Vaccines against Covid-19: Two ethical dilemmas to consider. *Medicina y Ética*, 32(1). <https://scholar.archive.org/work/epskxfgldbfcs7f4vrwpg5eommm/access/wayback/http://revista.s.anahuac.mx/bioetica/article/download/474/330>
9. Marchiori, P y Tobar, S. (2020). La COVID-19 y la cooperación internacional en salud. En: *Espacio temático: COVID-19. Caderno de Saúde Pública*. <https://www.scielo.org/pdf/csp/2020.v36n4/e00066920/es>

10. Organización Mundial de la Salud. (2010c). El programa de erradicación de la viruela. Ginebra: OMS: <https://www.who.int/features/2010/smallpox/es/>
11. Organización Mundial de la Salud. (2019d). Agenda de Inmunización 2030 Una estrategia mundial para no dejar a nadie atrás. Ginebra: OMS. https://www.who.int/immunization/IA2030_draft_4_WHA_SP.pdf
12. Organización Mundial de la Salud. (2021a.). Vacunas e inmunización. ¿qué es la vacunación? 2021. Ginebra: OMS: <https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination>
13. Organización Mundial de la Salud. (2021b). Distintos tipos de vacunas que existen. Ginebra: OMS: <https://www.who.int/es/news-room/feature-stories/detail/the-race-for-a-covid-19-vaccine-explained>
14. Pan American Health Organization. (2017). Regional Plan for Containment of Poliovirus in the Americas. Regional-GAPIII. Washington: Pan American Health Organization. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34371/9789275119754_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
15. Sánchez-Cárdenas, M., Lerma-Sánchez, V., Trimiño-Monroy, C., & Valdés-Lagunes, D. A. (2020). COVID-19: el reto de la prevención y vacunación efectiva. *Rev Mex Traspl*, 9(S2), 188-199. https://web.archive.org/web/20200830013554id_/https://www.medigraphic.com/pdfs/trasplantes/rmt-2020/rmts202g.pdf
16. Sierra-González, V. G. (2020). Vacuna cubana antimeningocócica VA-MENGOC-BC®: Treinta años de uso y potencialidades vigentes. *Vaccimonitor*, 29(1), 32-43. <https://www.medigraphic.com/pdfs/vaccimonitor/vcm-2020/vcm201f.pdf>

17. Simmons, B. J., Falto-Aizpurua, L. A., Griffith, R. D., & Nouri, K. (2015). Smallpox: 12 000 Years From Plagues to Eradication: A Dermatologic Ailment Shaping the Face of Society. *JAMA dermatology*, 151(5), 482-482.
18. Zhou, W., & Wang, W. (2021). Fast-spreading SARS-CoV-2 variants: challenges to and new design strategies of COVID-19 vaccines. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 6(1), 1-6.
<https://www.nature.com/articles/s41392-021-00644-x.pdf>

DATOS DE LOS AUTORES.

- 1. Carlos David Castañeda Guillot.** Especialista de Primer Grado en Gastroenterología. Analista de Investigación, carrera de Medicina. Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: ccastanedag14@gmail.com
- 2. Ronelsys Martínez Martínez.** Magíster en Docencia de las Ciencias Médicas. Docente de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: rone122010@gmail.com
- 3. Fernando de Jesús Castro Sánchez.** Doctor en Ciencias de la Educación. Analista de Investigación. Universidad Regional Autónoma de Los Andes Ecuador. E-mail: fdocris@yahoo.es

RECIBIDO: 20 de agosto del 2021.

APROBADO: 21 de septiembre del 2021.