

# El huevo o la gallina: ¿Aplicación de la ciencia o ciencia aplicada?

**F. Alejandro Sánchez Flores**  
**Instituto de Biotecnología, UNAM**  
**Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos**

En esta segunda entrega hablaremos de las vacunas, que son uno de los grandes ejemplos de ciencia aplicada. A pesar de que en esta columna se han publicado varios artículos referentes a la importancia de la vacunación para el ser humano, no está de más reforzar el conocimiento de la gente con respecto a este tema (<http://www.acmor.org.mx/?q=content/%C2%BFvacunarse-o-no-vacunarse-esto-no-es-un-dilema>; <http://www.acmor.org.mx/?q=content/vacuna-contradengue-pros-y-contras>; <http://www.acmor.org.mx/?q=content/la-vacunacion-c3%B3n-salud-para-la-humanidad>; <http://www.acmor.org.mx/?q=content/vacunas-y-autismo-esc-c3%A1ndalo-cient-c3%ADfco>).

Por un lado, en los últimos 15 años se ha desarrollado un movimiento antivacunas muy fuerte, debido al trabajo (hoy retracts) del doctor Andrew Wakefield, quien publicó un trabajo tendencioso y carente de ética y evidencias contundentes, donde relaciona de manera espuria a las vacunas con el autismo. Por otro lado, estamos viviendo una situación alarmante de escasez de vacunas, no solo a nivel nacional sino a nivel mundial. Entonces, el miedo infundado contra las vacunas y el desabasto de las mismas ponen en riesgo a la población mundial de contraer enfermedades que se consideraban erradicadas, lo cual podría generar epidemias mortales.

Actualmente, con el aumento de la movilidad de un alto número de personas alrededor del mundo es posible transmitir enfermedades a una velocidad mayor y en poblaciones grandes.

Como se mencionó, los detalles relacionados con las vacunas y su mecanismo de acción son conceptos que ya han sido abordados anteriormente y que pueden ser revisados en publicaciones pasadas de esta columna.

Por lo tanto, en esta entrega me enfocaré en la lógica e importancia de las vacunas y su administración en la población.

## El número básico de reproducción

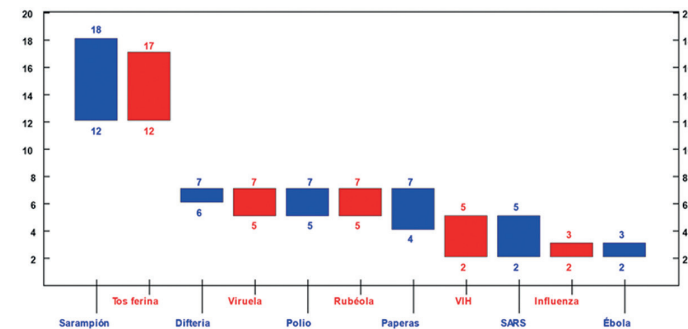
La epidemiología es el área de la medicina que estudia la distribución, frecuencia y factores determinantes de las enfermedades que observamos en las poblaciones humanas.

En esta disciplina, existe una métrica sumamente útil que es el *número básico de reproducción* (también conocido como ritmo básico de reproducción, tasa reproductiva básica) y es representado con la letra  $R$  y el número sub-cero ( $R_0$ ). Con este índice podemos saber cuándo una enfermedad infecciosa se puede convertir en un brote epidémico serio.

De manera muy sencilla,  $R_0$  se refiere al número promedio de casos nuevos que se genera a partir de una persona infectada. Este concepto se empezó a utilizar desde 1952 cuando George MacDonald construyó los primeros modelos epidemiológicos para la propagación de la malaria.

Generalmente, cuanto más grande sea  $R_0$ ,

será más difícil controlar una enfermedad. La epidemiología y el  $R_0$  son buenos ejemplos de ciencia colaborativa. Se requiere de conocimientos de medicina, biología y matemáticas para poder elaborar un modelo que nos ayude a calcular el riesgo de cada enfermedad y por lo tanto, una estrategia de control para la misma. Para cada enfermedad hay que conocer qué tipo de agente patógeno la produce, si la enfermedad se transmite de persona en persona, por contacto directo o por fluidos, sangre, alimentos contaminados o bien, si existe otro medio de transmisión, como un insecto. También hay que tomar en cuenta la susceptibilidad de los individuos, el tamaño y la densidad de la población. No es lo mismo una población pequeña donde muchos de los individuos sean niños y adultos mayores, los cuales tienen más riesgos de contraer las enfermedades, que una población grande donde los individuos son jóvenes o adultos, con un sistema inmune más desarrollado o incluso, que ya han estado en contacto con la enfermedad y han sobrevivido. Finalmente, el tratamiento de la enfermedad es otro factor que ayuda en el cálculo del riesgo y la estrategia de control a seguir.



**Figura 1.** Gráfica de valores de  $R_0$  para algunas enfermedades infecciosas. Tomada de [https://es.wikipedia.org/wiki/Ritmo\\_reproductivo\\_b%C3%A1sico](https://es.wikipedia.org/wiki/Ritmo_reproductivo_b%C3%A1sico). Autor: De Eloy Trabajo propio, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45203421>

Como podemos observar en la Figura 1, el sarampión tiene alto valor de  $R_0$ . Esta enfermedad es causada por un virus y se caracteriza por las típicas manchas en la piel de color rojo (exantema), así como la fiebre y un estado general debilitado. Cuando hay complicaciones, el sarampión puede causar inflamación en los pulmones y cerebro, amenazando la vida del paciente.

El virus se transmite vía aérea, por gotas de saliva provenientes de una persona infectada y entra por el sistema respiratorio. De manera muy simple, lo que nos indica el  $R_0$  es que una persona infectada con el virus del sarampión, puede contagiar entre 12 y 18 personas.

Aun tomando el número más bajo, si 12 personas son infectadas, ahora cada una de ellas pueden infectar a otras 12 personas. Entonces, tendríamos 144 infectados y podríamos continuar con la multiplicación hasta llegar a un número alarmante. Si consideramos que el periodo de incubación del virus es de 4 a 12 días, donde no se presenta ningún síntoma, al cabo de una semana podríamos tener cerca de 3 millones de personas infectadas.

Debido a que esta enfermedad afecta principalmente a infantes y considerando que no hay un tratamiento o cura para la enfermedad, además de que las posibles complicaciones podrían llevar a la muerte de la persona afectada, la mejor opción es tener un tratamiento preventivo.

Es tan infecciosa la enfermedad que aun cuando el número de complicaciones sea muy bajo, sería muy fácil saturar los hospitales con aquellas personas que las presenten.

Entonces, tanto desde un punto de vista de salud como económico, el desarrollo de la vacuna del sarampión ha solucionado estos problemas.

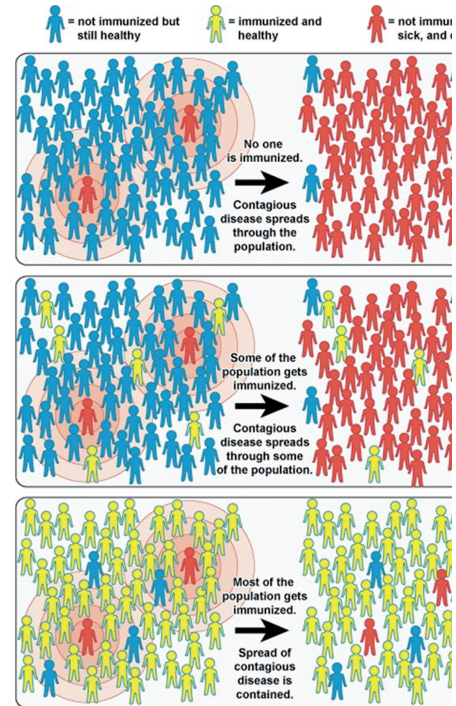
## La inmunidad de grupo o rebaño

Este concepto epidemiológico es de gran importancia y está relacionado directamente con los programas de vacunación. Muchas personas que se oponen a las vacunas piensan que hoy en día ya no es necesario vacunar a sus hijos porque las enfermedades ya no existen.

El hecho de que una enfermedad ya no

existe es de 12-18, podríamos calcular a qué porcentaje de la población hay que vacunar para poder disminuir la incidencia de la enfermedad.

Esto lo podemos hacer utilizando esta sencilla fórmula:  $1 - (1/R_0)$ . Para el caso del sarampión necesitaríamos vacunar entre el 91-95% ( $1 - 1/18$ ) de una población.



**Figura 2.** Inmunidad de rebaño. En el panel superior se ejemplifica una población donde no existen individuos vacunados y como se esparce la enfermedad. En el panel de en medio, solo algunos individuos son inmunes o ya están vacunados. En el panel inferior, un gran número de individuos son inmunes (vacunados) y se contiene la enfermedad. Tomada de [https://es.wikipedia.org/wiki/Inmunidad\\_de\\_grupo](https://es.wikipedia.org/wiki/Inmunidad_de_grupo). Autor: De National Institutes of Health (NIH) - Community Immunity ("Herd" Immunity), Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29552677>

Hace años, las comunidades estaban más aisladas y por lo tanto los contagios estaban limitados al tamaño de cierta población. Actualmente, en menos de 24 horas una persona puede reubicarse a prácticamente cualquier parte del mundo. Si esta persona está infectada y llega a una población donde no hay inmunidad para dicho patógeno, el número de casos de infecciones aumentará de manera muy rápida y las consecuencias serían devastadoras. A esto se le llama un *brote epidémico* o *epidemia*.

## Los programas de vacunación en México

Desde hace más de 30 años, los esfuerzos mundiales para erradicar enfermedades infecciosas han llevado a la creación y desarrollo de vacunas. Sin embargo, el éxito de la erradicación de dichas enfermedades ha dependido de los programas para la administración de

## (Segunda Parte)

las vacunas.

En México, los antecedentes históricos de la vacunación se remontan a la época colonial, donde el rey Carlos IV de España estableció la introducción de la vacunación contra la viruela en todos los territorios españoles de América y Asia. La vacunación contra la viruela fue introducida por el doctor Francisco Xavier de Balmis, a partir de su llegada a Yucatán el 25 de abril de 1804.

Esta fue la primera campaña masiva de vacunación que hubo en territorio mexicano.

A partir de 1926, por decreto presidencial se hizo obligatoria la vacunación contra la viruela, y se inician las campañas masivas para su aplicación.

En 1951 se registra en San Luis Potosí el último caso de viruela, como resultado de arduas jornadas de lucha antivariolosa, en las que la vacunación jugó el papel más importante.

México ha asumido políticas nacionales y compromisos internacionales destacables en materia de vacunación. Durante las últimas 3 décadas, se han firmado y ejecutado con creces diferentes compromisos internacionales.

Entre estos compromisos están la erradicación de la viruela, la eliminación de la poliomielitis y la elevación de las coberturas de vacunación.

El programa de vacunación en México se inició en el año 1973, un año antes de que la Organización Mundial de la Salud (OMS) lanzara el Programa Ampliado de Inmunizaciones.

La Campaña Nacional de Vacunación de 1973 estableció la aplicación de seis agentes biológicos, incluyendo cuatro vacunas esenciales: Bacilo Calmette y Guérin (BCG), antipoliomielítica, DPT (difteria, pertussis y tétanos) y anti sarampión (Figura 3).

En 1990 se produjo un brote de sarampión que afectó a 68,782 habitantes mexicanos, generando 5,899 defunciones y poniendo de manifiesto la existencia de una cobertura insuficiente de vacunación. Por lo tanto, pese a los esfuerzos de los esquemas de vacunación anteriores, sólo 46 de cada 100 niños mexicanos de entre uno y cuatro años de edad recibían el esquema básico de vacunación de ocho dosis de manera completa. Ante esta realidad, se creó el Consejo Nacional de Vacunación (CONAVA) y los Consejos Estatales de Vacunación (COEVA), que fueron presididos por los gobernadores de cada entidad federativa y coordinados por las autoridades del área de salud. En 1997 se declaró el primer año sin sarampión en el país, con lo cual se había logrado el objetivo de erradicar esta enfermedad. Actualmente se cuenta con un programa nacional de vacunación que consiste en tres periodos intensivos de vacunación en todo el país. Este programa iniciado en 1980 y conocido popularmente como *Semanas Nacionales de Vacunación*, tiene como objetivo aplicar las vacunas que necesitan los menores de 5 años para completar su esquema básico, así como las que se administran de forma complementaria a los adolescentes y adultos. Actualmente se han integrado a

las *Semanas Nacionales de Salud* y la primera semana se lleva a cabo a finales de febrero y principios de marzo. En este periodo se administra principalmente la vacuna Sabin a todos los menores de 5 años, con lo que se previene la polio. También se refuerza la aplicación de las vacunas anti rotavirus, anti neumococo, pentavalente, BCG y hepatitis B a menores de un año de edad, entre otras actividades. La segunda semana se lleva a cabo a finales de mayo y principios de junio y tiene como objetivo principal la aplicación del refuerzo de la vacuna Sabin a todos los menores de 5 años. Finalmente, la tercera semana se lleva a cabo a principios del mes de octubre y tiene como objetivo principal la aplicación de la vacuna Triple viral a todos los menores de 6 y 7 años, con lo que se previenen los casos de sarampión, rubéola y paperas.

México no solo ha sido pionero a nivel de América Latina, sino uno de los países con mayor éxito en sus esquemas de vacunación.

En Estados Unidos, entre el 1 de enero y el 3 de julio del 2019, se han confirmado 1,109 casos individuales de sarampión en 28 estados.

Esta es la mayor cantidad de casos notificados en los EE. UU. desde que se había eliminado el sarampión en el 2000. La mayoría de los casos son pacientes que no recibieron la vacuna. A pesar de la disponibilidad de la vacuna triple donde está incluido el virus de sarampión en estos países, la enfermedad se está propagando porque los padres optan por no vacunar a sus hijos. Esta desinformación generada principalmente por el movimiento antivacunas, lleva a muchos padres a tomar una mala decisión, con lo cual ponen en riesgo la vida de sus hijos y la de los demás.

Se ha llegado a tal grado que se están promulgando nuevas leyes para hacer obligatoria la vacunación. En Italia, la *Ley Lorenzini* impide la entrada a las escuelas, guarderías y jardines de infancia de los menores de seis años, si éstos no están al día en las vacunaciones, y castigan con multas de hasta 500 euros a los padres que los manden al cole-

de rebaño.

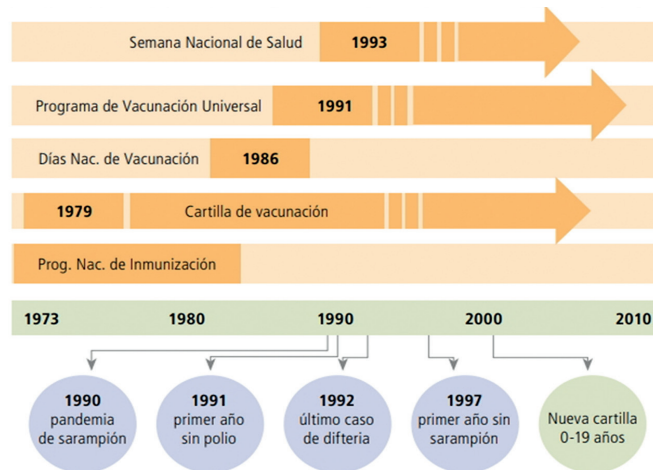
El desabasto de vacunas en México no solo está relacionado a la falta de presupuesto en el Sector Salud, sino también a una baja producción de vacunas a nivel nacional.

Anteriormente, México era un país con suficiencia de producción de vacunas, pero actualmente la inversión para la producción y desarrollo de vacunas en el país se ha reducido. Además, se han tomado decisiones en el gobierno que nos han llevado a importar vacunas en vez de producirlas. Por lo tanto, la falta de presupuesto, el número reducido de centros de investigación e investigadores en áreas de virología y biotecnología, así como la falta de laboratorios que puedan producir vacunas, son algunos de los factores con mayor peso y que pueden poner en riesgo la salud de los mexicanos. Dado que el gobierno, esta involucrado en estas decisiones, es importante que las autoridades, gobernantes y políticos involucrados, tengan información fidedigna y la mejor asesoría en estos asuntos, para remediar la problemática actual.

Es de suma importancia respetar y cumplir los programas de vacunación, así como estar bien informados en el tema para tomar las decisiones correctas.

Las vacunas no ponen en riesgo la salud de las personas y aunque pueden tener efectos secundarios, estos no son comparables a los daños que generan las enfermedades para las cuales nos protegen dichas vacunas. Finalmente, es una cuestión de conciencia social ya que el no vacunarnos pone en riesgo a otras personas.

No debe haber duda de que las vacunas son un ejemplo claro de la aplicación de la ciencia y de bienestar social.



Adaptado de Santos JI. *Rev Fac Med UNAM* 2002\*

**Figura 3. Evolución de la vacunación universal en México. Tomada de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400159/Varios\\_-\\_Historia\\_y\\_avances\\_de\\_la\\_vacunacion\\_en\\_Mexico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400159/Varios_-_Historia_y_avances_de_la_vacunacion_en_Mexico.pdf)**

### Los retos actuales con respecto a las enfermedades infecciosas y la vacunación

Como se puede verificar en las referencias asociadas a esta publicación, se cuenta con una extensa historia en materia de aplicación de vacunas en México, lo que resultó en un programa de vacunación prestigioso a partir de la elaboración de vacunas efectivas, de bajo costo, aplicables a gran escala y con efectos protectores duraderos. Por desgracia, son muchos los factores que nos ponen en riesgo de nuevo, ante varias enfermedades infecciosas.

Tomando solamente el caso del sarampión, podemos ejemplificar la situación y riesgo actual de una enfermedad que se consideraba erradicada. Principalmente, el movimiento antivacunas ha tenido un impacto muy fuerte en Estados Unidos y Europa, donde muchas personas han preferido evitar la vacunación. En 2017, Europa cerró con 14,451 casos de sarampión y éste ha preocupado seriamente al continente europeo. Italia está viviendo una epidemia de sarampión que no sólo multiplicó los casos, sino que está hospitalizando a cuatro de

los niños sin vacunar. En E.E.U.U. en Nueva York, se ha promovido una ley similar. En México, si bien no hemos estado exentos de la corriente antivacunas, son otros los problemas que se enfrentan. Por un lado, a pesar de los excelentes programas de vacunación, hay muchas enfermedades para las cuales el porcentaje de vacunados no se ha alcanzado para restringir dichas enfermedades. De nuevo, podemos tomar como ejemplo el sarampión, donde aún no se alcanzan estos porcentajes los cuales están entre 70-80%. En particular, Morelos es un estado que hasta el 2012 se contaba con un 94.8% de vacunados con la vacuna triple (sarampión, rubéola y paperas). Sin embargo, a nivel nacional se corre un riesgo de un brote de sarampión debido al desabasto de vacunas, como es el caso de Guerrero, donde se ha desatado una alarma por parte de las autoridades, debido al desabasto de vacunas durante la Primera Semana de Salud. Por otro lado, el incremento mundial de casos de sarampión y al ser México un destino turístico, hay un riesgo inminente al no tener inmunizado al porcentaje necesario de la población para generar la inmunidad

*Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.*

### Referencias

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ritmo\\_reproductivo\\_b%C3%A1sico](https://es.wikipedia.org/wiki/Ritmo_reproductivo_b%C3%A1sico)  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6002118/>  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/infectologia/lip-2018/lip181d.pdf>  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Inmunidad\\_de\\_grupo](https://es.wikipedia.org/wiki/Inmunidad_de_grupo)  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400159/Varios\\_-\\_Historia\\_y\\_avances\\_de\\_la\\_vacunacion\\_en\\_Mexico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400159/Varios_-_Historia_y_avances_de_la_vacunacion_en_Mexico.pdf)  
<https://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/VacunacionNinos.pdf>

### Lecturas recomendadas

<http://www.nl.gob.mx/servicios/semanas-nacionales-de-salud>  
<https://www.cdc.gov/measles/cases-outbreaks-sp.html>  
<https://www.vacunas.org/italia-aprueba-la-vacunacion-obligatoria-para-acceder-a-escuelas-guarderias-y-jardines-de-infancia/>  
<https://www.excelsior.com.mx/nacional/mexico-en-riesgo-por-brote-de-sarampión-y-desabasto-de-vacuna/1293238>  
<https://www.jornada.com.mx/2018/11/20/sociedad/031n1soc>