



# LOS ACEITES ESENCIALES COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA EL TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES VIRALES

ESSENTIAL OILS ARE A NATURAL ALTERNATIVE TO TREAT VIRAL DISEASES

/// NANCY NALLELY ESPINOSA CARRANZA,  
SERGIO ARTURO GALINDO RODRÍGUEZ,  
CATALINA LEOS RIVAS, CATALINA RIVAS  
MORALES, JUAN GABRIEL BÁEZ GONZÁLEZ,  
ROCÍO ÁLVAREZ ROMÁN

Universidad Autónoma de Nuevo León, México  
nancy.espinosacr@uanl.edu.mx, sagrod@yahoo.com.mx,  
catalina.leosrs@uanl.edu.mx,  
catalina.rivasmr@uanl.edu.mx,  
juan.baezgn@uanl.edu.mx,  
roc\_alvarez\_r@yahoo.com



**Palabras clave:** aceites esenciales, virus, antiviral.  
**Keywords:** essential oils, viruses, antiviral.

## RESUMEN

Los virus son agentes con la capacidad de invadir o infectar a cualquier ser vivo ocasionando enfermedades graves e incluso la muerte. La principal línea de defensa contra estos agentes virales está mediada por el sistema inmunológico. Adicionalmente, pueden emplearse tratamientos para reducir la carga viral. En la actualidad, los fármacos antivirales comercialmente disponibles presentan ciertas limitaciones, por ejemplo, los efectos secundarios que provocan en el organismo, así como el riesgo de toxicidad celular. Las recientes investigaciones han posicionado a los aceites esenciales como nuevas alternativas en la búsqueda de moléculas con actividad antiviral. El presente trabajo aborda aspectos generales de los virus, así como diversos estudios en los que se han evaluado las propiedades antivirales de los aceites esenciales.

## ABSTRACT

Viruses are agents with the ability to invade or infect any living being, causing serious and even deadly diseases. The main defense against these viral agents is mediated by the immune system. In addition, antiviral treatments can be used to reduce viral load. However, the commercial antiviral drugs have certain limitations, including the potential side effects that they may cause in the body, as well as the risk of cellular toxicity. Recently, several researches have been focused on the use of essential oils as new alternatives in the search for molecules with antiviral activity. The present work focuses on general aspects of viruses, as well as several studies in which the antiviral properties of essential oils have been evaluated.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, los seres humanos han padecido numerosas enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes virales. En 1918, el virus de la influenza A H1N1 causó la pandemia conocida como la gripe española, la cual es clasificada como la gripe más grave de la historia debido a que ocasionó la muerte de al menos 50 millones de personas en todo el mundo (CDC, 2018). Por otro lado, la pandemia de COVID-19, causada por el síndrome respiratorio agudo severo coronavirus-2 (SARS-CoV-2), provocó la infección de alrededor de 600 millones de personas y la pérdida de 6.8 millones de vidas humanas en el mundo, así como, altos impactos económicos y sociales (OMS, 2023a). Por otra parte, en septiembre de 2022, el Ministerio de Salud de Uganda anunció un brote de la enfermedad causada por el virus del Ébola (variedad Sudán) (SUDV) lo que generó preocupación entre las autoridades sanitarias debido a que la tasa de mortalidad alcanzaba el 40 por ciento (OMS, 2023b). Por otro lado, para finales del 2022, la cifra mundial de personas afectadas por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) alcanzaba los 39 millones. De ellas, el

71% mantenía una supresión viral, lo que significa que el virus no afecta su salud y disminuye el riesgo de transmisión a otras personas. No obstante, en ese mismo año, 1.3 millones de personas contrajeron el VIH, a pesar de las estrategias implementadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el fondo mundial y ONUSIDA con miras a poner fin a la epidemia del VIH para el año 2030 (OMS, 2023c; ONUSIDA, 2023).

Ante las graves consecuencias ocasionadas por estas crisis sanitarias, surge la importancia de comprender los mecanismos de infección, la estructura y composición de estos patógenos virales con la finalidad de prevenir y desarrollar alternativas terapéuticas efectivas para contrarrestarlos.

En la actualidad, los fármacos disponibles para el tratamiento de las infecciones virales presentan algunas limitaciones, tales como, el riesgo de toxicidad celular y los efectos secundarios que trae consigo su empleo; además, hay que considerar la elevada frecuencia con la que estos agentes infecciosos mutan y producen cepas resistentes. Así, surge el interés por encontrar nuevos compuestos bioactivos antivirales.

En los últimos años, los productos naturales, como los aceites esenciales, han recibido especial atención ya que poseen propiedades biológicas benéficas, entre ellas su actividad contra varios tipos de virus.

El presente trabajo aborda los aspectos generales de los virus, así como, las estrategias que hasta el momento se han realizado para su control utilizando productos naturales, especialmente, aceites esenciales.

## 1. GENERALIDADES DE LOS VIRUS

### 1.1. DEFINICIÓN

Desde el punto de vista biológico, los virus son agentes con la capacidad de invadir o infectar a cualquier ser vivo, incluyendo plantas, animales e incluso a hongos, parásitos y bacterias (Krug y Warner, 2024).

Los virus son probablemente las entidades biológicas más abundantes del planeta. Se estima que en el océano existen alrededor de  $1 \times 10^{31}$  virus. Para entender la magnitud de este dato podemos hacer la siguiente aproximación, si todos los virus se colocarían uno al lado del otro, abarcarían aproximadamente la distancia de las 60 galaxias más cercanas a la Tierra (Mushegian, 2020). Este número podría resultar alarmante dado que estos agentes son mayormente conocidos por ocasionar virosis (enfermedades que los virus originan en los humanos). No obstante, se ha reportado que tan solo 10,000 especies de virus tienen la capacidad de infectar al humano (Carlson *et al.*, 2022), mientras que, la gran mayoría infectan a las bacterias (Lusiak-Szelachowska *et al.*, 2020). De esta

manera, los virus participan de forma importante en el control de la cantidad de bacterias que se producen en el planeta cada día, lo que tiene un impacto directo en los ciclos biológicos de la Tierra, como el recambio de carbono y la absorción de fosfato (Chu *et al.*, 2022).

Además de su gran abundancia en el mundo, los virus también se encuentran entre las entidades biológicas más pequeñas. Pueden llegar a medir solo 16 nm como es el caso de los *Gyrovirus*, los cuales causan anemia aviar. Por otro lado, pueden alcanzar tamaños de 200 nm, como por ejemplo el virus de Epstein-Barr, agente causal de la mononucleosis aguda también denominada como la enfermedad del beso (Murata *et al.*, 2021). Debido a esta característica de tamaño diminuto es que los virus no se pueden ver a simple vista, fue solo hasta 1931 con la invención del microscopio electrónico que fue posible observar y estudiar sus diferentes estructuras (van Helvoort y Sankaran, 2019).

### 1.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LOS VIRUS

Los virus se constituyen de varios elementos (Figura 1). Entre ellos se encuentra un ácido nucleico, el cual es una molécula de gran tamaño que conforma el material genético del virus y posee las instrucciones específicas para producir los componentes de las nuevas partículas virales. Este puede ser de dos tipos: ADN (ácido desoxirribonucleico) o ARN (ácido ribonucleico). Además, dependiendo del tipo de virus, el ácido nucleico puede ser de cadena simple (ss, monocatenario) o de cadena doble (ds, bicatenario) y encontrarse de forma lineal, circular o segmentado (Figura 2) (Simón *et al.*, 2021).

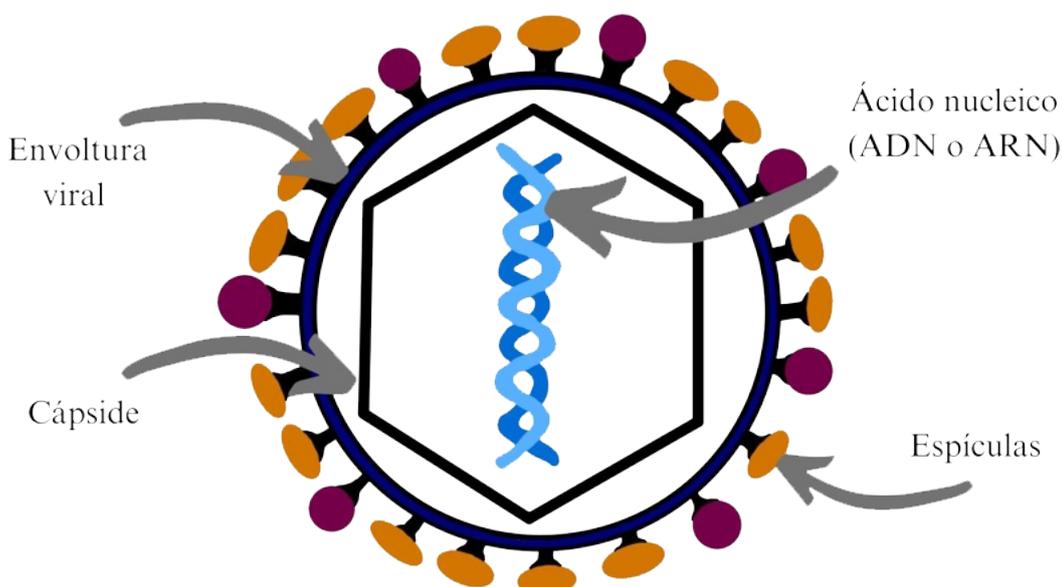
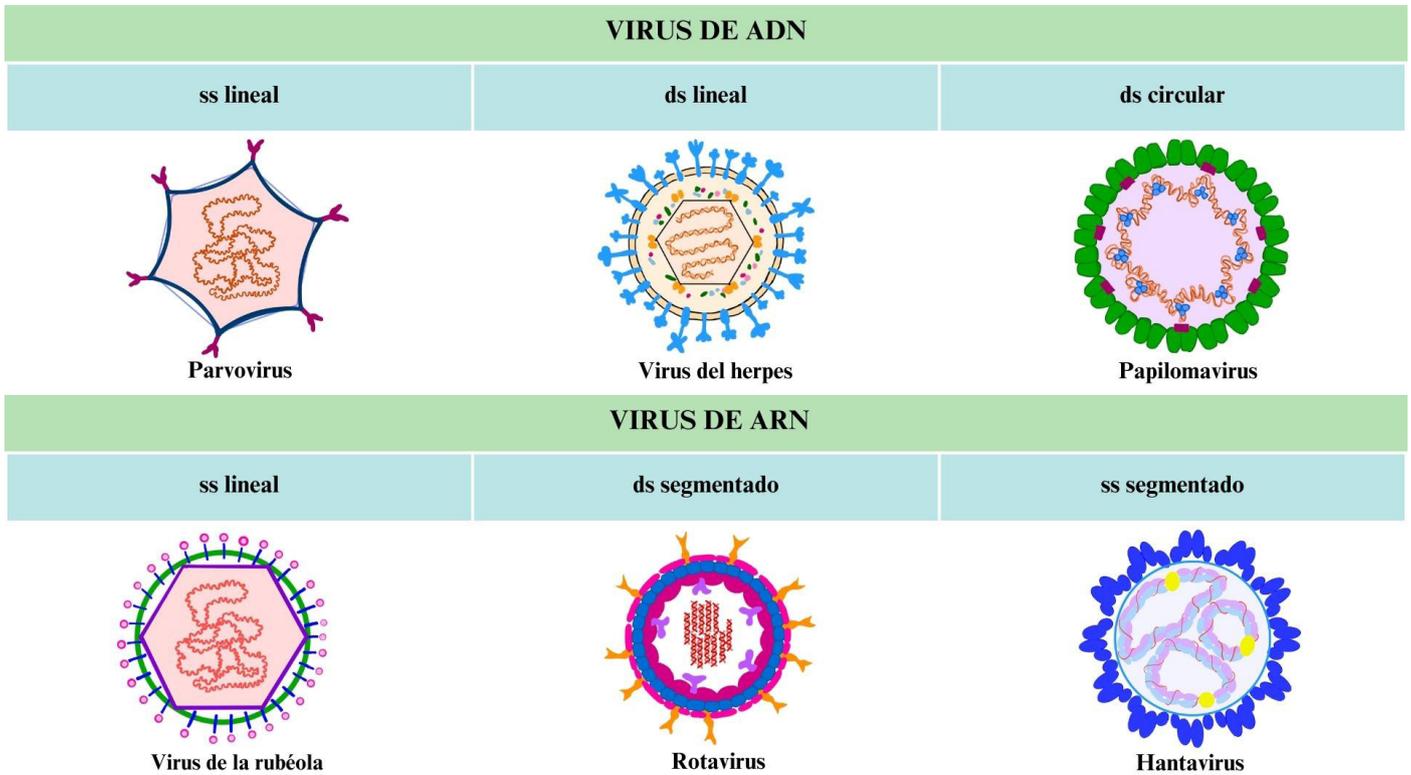


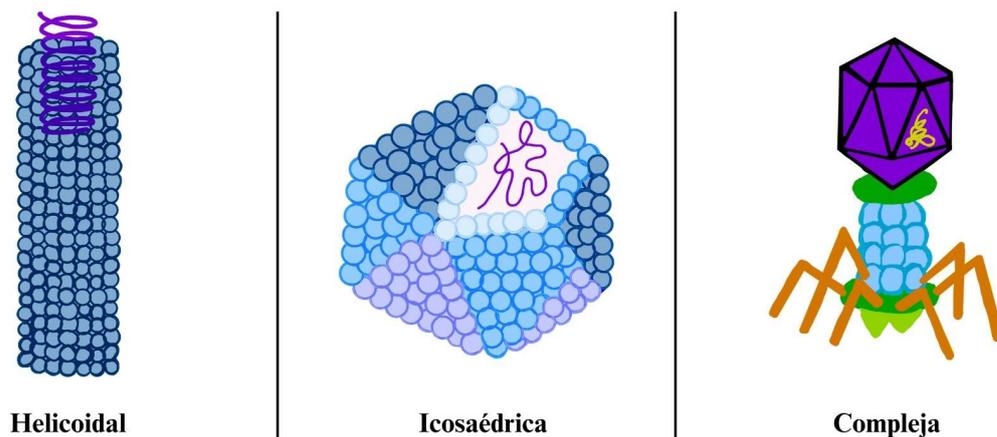
Figura 1. Estructura de los virus.



**Figura 2.** Organización del material genético de los virus (Adaptado de Moreira-Marrero, 2019; Serudji, 2022; Meier, 2021).

Otro de los elementos relevantes presente en estos agentes es la cápside (Figura 1), una estructura proteica que rodea al material genético del virus. Su función principal es proteger al ADN o al ARN de las condiciones del entorno, por ejemplo, de la temperatura, la desecación, la acidez o del ataque de las nucleasas, las cuales son enzimas con la capacidad de descomponer o degradar los ácidos nucleicos. Dicha cubierta es de gran importancia, ya que, si el material genético del virus se encuentra dañado, no sería posible producir nuevos virus.

Aunado a esto, particularmente en los virus desnudos (no presentan envoltura viral), la cápside presenta sitios especiales en su estructura, los cuales participan en la unión y la penetración del virus a la célula infectada o célula hospedera; esta interacción es un paso esencial para la propagación del agente infeccioso (Krug y Wagner, 2024). La cápside viral puede presentar diferentes formas, sin embargo, las 3 morfologías que más han llamado la atención, por su relativa abundancia, son la helicoidal, icosaédrica y compleja (Figura 3) (Parvez, 2020).



**Figura 3.** Tipos de simetría viral A) helicoidal, B) icosaédrica y C) compleja.

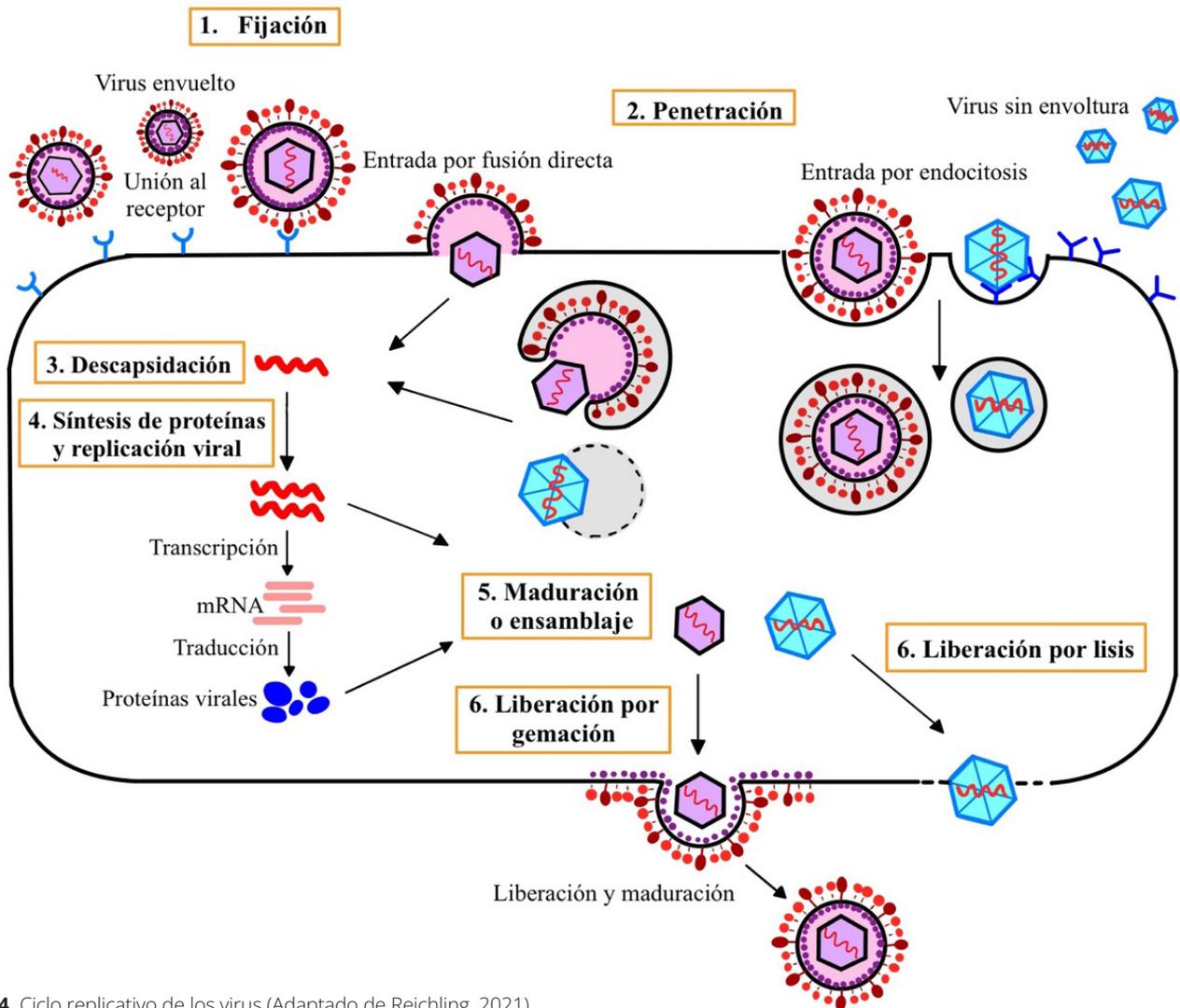


Figura 4. Ciclo replicativo de los virus (Adaptado de Reichling, 2021).

Seguido de la cápside se encuentra la envoltura viral, una cubierta adicional que puede estar o no presente en los virus (Figura 1). Dicha estructura está formada de una doble capa de lípidos que se deriva de los sistemas de membrana de la célula hospedera, tales como, el retículo endoplásmico, el complejo de Golgi e incluso de la membrana nuclear. El exterior de este revestimiento presenta espículas o proyecciones de naturaleza glucoproteica que facilitan el acoplamiento del virus a los receptores de la célula infectada (Figura 1) (Levinson *et al.*, 2020).

Es importante señalar que esta envoltura lipídica es altamente susceptible a los solventes, los detergentes, la desecación o la acidez (Gibbens, 2020). Estas características pueden ser consideradas para el desarrollo de mecanismos de eliminación o control de estos patógenos. De hecho, en la pandemia por coronavirus el uso de gel

antibacterial a base de alcohol, así como, el lavado de manos (uso de detergentes) tomaron un papel muy importante para disminuir la probabilidad de contraer este virus que presenta envoltura.

### 1.3. REPLICACIÓN DE LOS VIRUS

Gran parte de la comunidad científica no considera a los virus como organismos vivos, ya que no pueden reproducirse ni llevar a cabo procesos metabólicos de forma autónoma, sino que, requieren utilizar forzosamente la maquinaria metabólica de una célula hospedera. La replicación es la serie de procedimientos mediante los cuales estas entidades biológicas fabrican más copias de sí mismos en el interior de la célula hospedadora. En general, la replicación viral cuenta con 6 pasos (Figura 4). Primeramente, tiene lugar la adsorción o fijación, etapa en la cual las proteínas de la cápside o de la envoltura presentes en el virus entran en

contacto con la célula hospedadora con el objetivo de llegar a su interior. Es importante resaltar que los virus tienen la capacidad de infectar de manera específica un tipo de células de un órgano o tejido, lo cual está determinado principalmente por el tipo de receptor presente en la superficie de membrana de cada célula (Cifuentes-Munoz *et al.*, 2020).

Una vez adherido el virus a la superficie de la célula susceptible ocurre la penetración. En esta etapa el virus cruza la membrana plasmática de la célula empleando distintos mecanismos, tales como la endocitosis o la fusión de la membrana plasmática. Después de la internalización del virus en la célula, tendrá lugar la etapa de descapsidación o desnudamiento, en la cual el virus pierde la cápside, dejando al descubierto el ácido nucleico (Rheinemann y Sundquist, 2021).

La siguiente etapa del proceso es la síntesis de proteínas y la replicación viral. En esta cuarta etapa se realizarán copias del genoma viral y se fabricarán proteínas estructurales y no estructurales. Como su nombre lo dice, las proteínas estructurales son aquellas que conforman la partícula viral, por ejemplo, forman parte de la cápside o de las glicoproteínas que se encuentran en la envoltura. Por otro lado, las proteínas no estructurales no son parte del virus, pero participan en el ciclo replicativo y en la regulación del mismo.

Tras la fase de multiplicación, se llevará a cabo la etapa de maduración o ensamblaje, en la cual se empaquetarán las proteínas junto con el ácido nucleico para originar nuevas partículas virales (NLM, 2022).

La última etapa del proceso de replicación es la de liberación, en la cual los virus serán expulsados al exterior celular para infectar a otras células repitiendo el proceso anteriormente descrito. Esta etapa puede ocurrir mediante dos mecanismos: lisis o gemación. La primera ocurre como resultado de un proceso de ruptura de la membrana celular, lo cual podría ser propiciado por la producción de enzimas (*i.e.* endolisina y holina) que ponen en peligro la integridad de la membrana celular del hospedero. Este mecanismo resulta en la muerte de la célula infectada (Wu *et al.*, 2021). Por otro lado, en el mecanismo de gemación, el virus ensamblado sale de la célula y al momento de desprenderse se lleva consigo parte de la membrana celular, adquiriendo la envoltura lipídica. Los virus que son liberados mediante gemación, generalmente, no destruyen a la célula infectada (Rheinemann y Sundquist, 2021).

#### 1.4. TRANSMISIÓN VIRAL Y EVASIÓN DE LAS DEFENSAS DEL CUERPO

Las formas de transmisión viral son muy variadas, ya sea, por contacto directo o indirecto. La primera requiere contacto físico entre una persona infectada y una persona no infectada, a través de las membranas mucosas, heridas en la piel o fluidos corporales. Por otro lado, la transmisión indirecta ocurre por contacto con objetos contaminados, alimentos y agua potable, así como, por el contacto con portadores tales como mosquitos, pulgas, garrapatas, roedores o perros (Leung, 2021).

Pese a que existen diferentes vías por las cuales podrían transmitirse los virus, es importante mencionar que cuando este agente infeccioso está en contacto con un organismo, no siempre termina en una enfermedad, debido a que el desarrollo de la misma está condicionado por los factores de patogenicidad del virus y la respuesta inmune del hospedero.

El sistema inmunológico es una red de células, tejidos y órganos que trabajan en conjunto para proteger al cuerpo de infecciones. El sistema inmune se divide en innato y adaptativo. En la Tabla 1 se muestran algunos de los componentes de estos mecanismos de defensa. La inmunidad innata representa la primera línea de defensa del cuerpo mediante barreras físicas, químicas y celulares. La piel es una de las principales barreras físicas cuya función es evitar la entrada de agentes extraños al cuerpo. Asimismo, en el cuerpo existe de manera natural sustancias químicas como la lisozima, presente en lágrimas y saliva, con la capacidad de destruir a los microorganismos (Nawaz *et al.*, 2020).

Pese a las barreras físicas, químicas y celulares proporcionadas por el sistema innato, los microorganismos pueden desarrollar mecanismos de evasión a esta línea de defensa, por lo que, para tratar de contrarrestar la infección es necesario acudir a la segunda línea de defensa del organismo, la inmunidad adaptativa. Este mecanismo cuenta con dos tipos de respuesta: la celular y la humoral. La primera recibe ese nombre debido a que sus mediadores son células, siendo los linfocitos T los principales efectores. Por otro lado, en la inmunidad humoral intervienen moléculas producidas por las células B o linfocitos B, que reciben el nombre de anticuerpos y que se encargan primordialmente de neutralizar a los agentes extraños. Es importante señalar que los linfocitos B y T son células de memoria, es decir, tienen la capacidad de recordar al patógeno, por lo que, cuando el cuerpo humano se enfrente nuevamente al microorganismo presentará una respuesta más rápida (Ali *et al.*, 2020).

**Tabla 1. Mecanismos de defensa del cuerpo humano contra las infecciones.**

	Componentes del sistema	Ejemplo	Función de defensa	Referencias
Sistema inmune innato	Barreras físicas	Piel intacta	Su compleja estructura la hace resistente a la degradación, impermeable e inhóspita para muchos patógenos.	Nguyen & Soulika, 2019
		Membranas mucosas	Dificulta la llegada de los patógenos a capas celulares más profundas. Además, las secreciones mucosas contienen agentes antimicrobianos.	Pedan <i>et al.</i> , 2020
	Barreras químicas	pH de las secreciones	Inhibe el desarrollo de los microorganismos.	Hsu <i>et al.</i> , 2022
		Enzimas ( <i>e.g.</i> lisozima)	Rompen la pared celular de los microorganismos.	Nawaz <i>et al.</i> , 2022
	Barreras celulares	Macrófagos	Detectan, absorben y destruyen tanto a los patógenos, como los desechos celulares a través de la fagocitosis.	Rosowski, 2020
Neutrófilos		Inducen la fagocitosis y crean poros en la membrana de los microorganismos.	Ostrycharz & Hukowska-Szematowicz, 2022	
Sistema inmune adquirido	Inmunidad humoral	Linfocitos B	Producen inmunoglobulinas, también conocidas como anticuerpos, que se encargan de neutralizar agentes extraños.	Althwaiqeb & Bordoni, 2023
		Inmunidad celular	Linfocitos T	Destruyen las células del cuerpo que han sido infectadas por algún microorganismo mediante la activación de los macrófagos.

No obstante, en caso de superar las defensas naturales del organismo, los agentes extraños como los virus continúan con su ciclo de replicación, lo que desencadena cambios bioquímicos y estructurales en la célula hospedera, causando daño celular o incluso la destrucción de la misma. Los síntomas de las enfermedades virales son efecto, tanto del daño celular ocasionado por el virus, como de la respuesta inmunitaria al virus, la que intenta controlar y eliminar al patógeno del cuerpo (Galán-Sánchez *et al.*, 2014).

### 1.5. TRATAMIENTOS

Como se mencionó en la sección anterior, el sistema inmune representa la primera línea de defensa del organismo. No obstante, si este sistema de protección es insuficiente se recurre a tratamientos con la capacidad de reducir la cantidad de virus en el cuerpo. En la actualidad los medicamentos antivirales inhiben la multiplicación intracelular del virus mediante el bloqueo de algunos pasos de su ciclo replicativo, ya sea en la etapa de penetración, en la síntesis del material genético o sobre la salida del virus en la célula. Es importante mencionar que algunos virus son neurotrópicos (*e.g.* herpes simplex), es decir, que tienen la capacidad de invadir, infectar o mantenerse inactivos sin causar síntomas (estado de latencia) en el tejido nervioso. De esta forma, el virus persiste permanentemente en el

cuerpo y puede activarse si disminuyen las defensas del hospedero debido a una mala alimentación, el padecer otras patologías o al estrés físico y emocional. Por lo tanto, en la mayoría de las enfermedades causadas por virus, el tratamiento está enfocado en controlar los síntomas, mientras, que el sistema de defensa del cuerpo es capaz de controlar la infección. El surgimiento de las vacunas ha permitido reforzar o ayudar al sistema inmune a combatir a las infecciones virales. Estas preparaciones biológicas (producidas con virus inactivados o mediante ingeniería genética) se encargan de estimular la producción de anticuerpos, los cuales actuarán en contra de los agentes infecciosos (OMS, 2021).

Pese a que en los últimos años se ha incrementado el número de agentes antivirales disponibles, aún estamos lejos de alcanzar la diversidad y el amplio espectro que cubren los antibióticos. El desarrollo de antivirales se encuentra limitado puesto que los virus se replican en el interior de las células empleando su maquinaria metabólica y, por lo tanto, cualquier intento por atacar el metabolismo del virus podría resultar en un efecto negativo para la célula hospedera. De modo que, para evitar la toxicidad celular, se pretende que los antivirales presenten una alta especificidad, sin embargo, esto también resulta contraproducente ya que dificulta obtener un tratamiento antiviral de amplio espectro.

Otra de las problemáticas es que, debido al amplio uso de los antivirales, hay una elevada posibilidad de enfrentar cepas resistentes a estos medicamentos, sobre todo en pacientes inmunocomprometidos, lo que reduce notablemente la efectividad del tratamiento. Asimismo, se ha reportado que el empleo de agentes antivirales implica el riesgo de presentar efectos secundarios tales como náuseas, dolor de cabeza, mareos, disfunción renal o alteraciones en el sistema nervioso (e.g. alucinaciones, desorientación, temblores) (Zareifopoulos *et al.*, 2020; Adiningsih *et al.*, 2023).

Debido a las desventajas que presentan los antivirales actualmente disponibles, así como a la importancia de este problema de salud pública a nivel mundial, es que ha surgido el interés por desarrollar nuevos agentes antivirales. Recientemente, los resultados de investigaciones con productos naturales, como los extractos vegetales y los aceites esenciales, han sido especialmente prometedores, lo que los ha posicionado como nuevas alternativas en la búsqueda de moléculas con actividad antiviral.

## 2. PRODUCTOS NATURALES

Los productos naturales son compuestos orgánicos formados por un organismo vivo. Se clasifican en metabolitos primarios, secundarios y materiales poliméricos. Los primeros están presentes en todas las células y reciben ese nombre debido a que tienen un papel central en el metabolismo y la reproducción. Algunos ejemplos de estos compuestos son los ácidos nucleicos, aminoácidos y azúcares. Por otra parte, los materiales poliméricos son compuestos de alto peso molecular que forman estructuras celulares. Algunos de ellos son la celulosa, ligninas y proteínas. En cuanto a los metabolitos secundarios son compuestos que se encuentran principalmente en bacterias, hongos, algas y plantas. Estas moléculas son de bajo peso molecular y las sintetizan los organismos, principalmente, para defenderse de los depredadores o para comunicarse con otros organismos. Los metabolitos secundarios se clasifican en tres grupos principales: fenólicos (como ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides y taninos), compuestos que contienen nitrógeno (alcaloides y glucosinolatos) y terpenos (como glucósidos, carotenoides, esteroides y aceites esenciales) (Sanchez, 2022).

### 2.1. ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales se definen como sustancias odoríferas constituidas de 20 a 60 componentes que se obtienen a partir de una materia prima vegetal (e.g. flores, semillas, raíces, hojas, ramas). Los principales componentes presentes en los aceites esenciales son terpenos, y en

menor medida compuestos aromáticos derivados del fenilpropano. Los terpenos resultan de la unión de dos o más unidades de un compuesto hidrocarbonado con cinco átomos de carbono, conocido como isopreno. Su clasificación se basa en el número de unidades de isopreno que componen su estructura; así, la combinación de 2 unidades da origen a los monoterpenos, mientras que la de 3 unidades forma los sesquiterpenos. Además, los terpenos pueden adoptar arreglos lineales o cíclicos, y presentar variantes oxigenadas y no oxigenadas (Figura 5) (Burčul *et al.*, 2020). En la última década, los aceites esenciales han presentado una relevante importancia para la industria agroalimentaria, cosmética, química y farmacéutica, ya que, poseen diversas actividades biológicas benéficas, por ejemplo, analgésica, antiinflamatoria, antitumoral, antifúngica, antioxidante y antiviral (Mancianti y Ebani, 2020).

En particular, los efectos antivirales de los aceites esenciales se han reportado para una gran variedad de virus. Cagno y colaboradores (2017) evaluaron la actividad antiviral del aceite esencial de *Salvia desoleana* mediante un ensayo *in vitro* en células Vero. Reportaron que el aceite esencial inhibió significativamente al herpes simplex tipo 2 ( $IC_{50} = 28.57 \mu\text{g/mL}$ ) y exhibió un mejor efecto que el fármaco de elección, el aciclovir ( $IC_{50} = 71.84 \mu\text{g/mL}$ ). En otro trabajo, el aceite esencial de *Cymbopogon nardus* mostró una actividad inhibitoria de la transcriptasa inversa del VIH con un valor de  $IC_{50} = 1200 \mu\text{g/mL}$  (Mori *et al.*, 2016). En la Tabla 2 se muestran algunas plantas que contienen aceites esenciales con propiedades antivirales.

Algunas investigaciones han reportado los mecanismos de acción de los aceites esenciales y sus componentes contra los virus. Se ha demostrado que la inhibición puede ocurrir en las diferentes etapas del ciclo replicativo de los virus o sobre algún componente de su estructura. Un trabajo realizado en el 2013 mostró que el aceite esencial de hoja de cedro inhibía fuertemente a la hemaglutinina, la cual es una proteína de membrana del virus de la influenza, necesaria para la entrada y salida del mismo de la célula hospedera (Selvarani y James, 2013). En otra investigación, se observó que los aceites esenciales de *Thymus vulgaris*, *Cymbopogon citratus* y *Rosmarinus officinalis* interactuaban directamente con la proteína Tat, la cual se une a la región TAR del ARN, esencial para la transcripción del VIH. De esta forma, la interacción de los aceites esenciales con la proteína Tat desestabiliza el complejo Tat/TAR-ARN e impide la replicación del virus (Feriotto *et al.*, 2018). Por otra parte, Mieres-Castro y colaboradores evaluaron la actividad del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* y sus componentes 1,8-cineol,  $\alpha$ -pineno,  $\gamma$ -terpineno,  $\rho$ -cimeno,  $\alpha$ -terpineol y terpinen-4-ol contra el HSV-1. Este trabajo sugiere que el mecanismo de acción del aceite esencial de *E. globulus* se ejerce por inactivación directa, es decir, por la unión de los componentes del aceite esencial a las glicoproteínas gB, gD

y gH-gL, involucradas en la adsorción y penetración de la célula hospedera (Mieres-Castro *et al.*, 2021). Otro trabajo reportó la inhibición del HSV-1 y del virus de la enfermedad de Newcastle después del tratamiento con los aceites esenciales de orégano y clavo, debido a la desintegración de su envoltura viral, lo cual se observó por microscopía electrónica de transmisión (TEM). Asimismo, esta investigación reportó la degradación de la envoltura del HSV-1 por dos de los componentes del aceite esencial de orégano, el carvacrol y el timol (Gilling *et al.*, 2014). De igual forma, otro estudio demostró el efecto de otro componente de los aceites esenciales, el eugenol, en un modelo *in vivo* de infección por HSV-1, donde la aplicación del eugenol retrasó el desarrollo de queratitis herpética en la córnea de ratones infectados con este virus. Esta investigación sugiere, como

otros trabajos anteriores, que el mecanismo de acción del eugenol podría ocurrir a través de alteraciones en la envoltura viral (Benencia y Courrégés, 2000). Lo anterior se explica debido a la naturaleza lipofílica de estas sustancias, lo cual favorecería la penetración en las membranas virales, causando la desintegración de esta estructura (Zhang *et al.*, 2022). Finalmente, un estudio *in silico* mostró el potencial de los componentes de los aceites esenciales contra la subunidad S1 presente en la proteína espiga del COVID-19. Los componentes evaluados fueron el timol, pulegona, terpinen-4-ol, geraniol, carvacrol, cinamaldehído y anetol, los cuales mostraron potencial inhibición de la subunidad S1, implicada en la interacción del virus con la célula hospedera a través de los receptores ACE-2 (Kulkarni *et al.*, 2020).

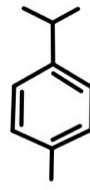
## MONOTERPENOS



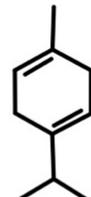
Limoneno



Sabineno

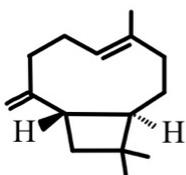


p-Cimeno

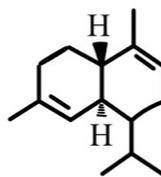


γ-Terpineno

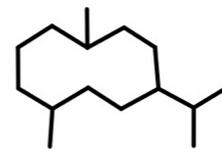
## SESQUITERPENOS



β-Cariofileno

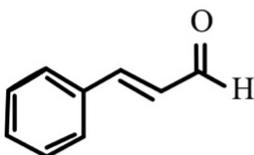


α-Cadineno

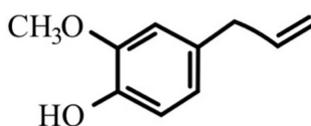


Germacrano

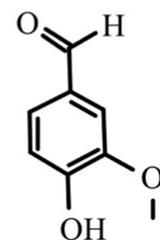
## FENILPROPENOS



Cinamaldehído



Eugenol



Vainillina

**Figura 5.** Estructura química de algunos terpenos y fenilpropenos presentes en los aceites esenciales.

**Tabla 2. Especies vegetales que producen aceites esenciales con actividad antiviral.**

Nombre científico / nombre común	Virus	IC <sub>50</sub> (µg/mL)	Referencia
Eucalipto	HSV-1	55	Astani <i>et al.</i> , 2010
Árbol del té		2	
Tomillo		11	
Anis estrella	HSV-1	1	Astani <i>et al.</i> , 2011
<i>Artemisia vulgaris</i>	Virus de la fiebre amarilla	11.1	Meneses <i>et al.</i> , 2009
<i>Lippia alba</i>		3.7	
<i>Lippia origanoides</i>		3.7	
<i>Origanum vulgare</i>		3.7	
<i>Ayapana triplinervis</i>	Virus del Zika	38	Haddad <i>et al.</i> , 2019
<i>Citrus reshni</i> (cascara de fruta)	Virus de la gripe aviar H5N1	2.5	Wani <i>et al.</i> , 2020
<i>Fortunella margarita</i> (fruta)		6.8	
<i>Dysphania ambrosioides</i>	Virus Coxsackie B4	21.7	
<i>Thymus capitatus</i>	HSV-1	17.6	
<i>Lippia alba</i>	Virus del Zika	32.2	Nogueira <i>et al.</i> , 2021
<i>Lavandula angustifolia</i> L.	Virus de la gripe aviar H5N1	0.11	Abou Baker <i>et al.</i> , 2021
<i>Salvia officinalis</i> L.		0.41	
<i>Lippia graveolens</i>	HSV-1 resistente a aciclovir	55.9	Ribas Pilau <i>et al.</i> , 2011
	HSV-1	99.6	
	Virus respiratorio sincitial	68	
<i>Lippia alba</i>	Virus de la fiebre amarilla	4.3 y 15.2 antes y después de la adsorción, respectivamente	Gómez <i>et al.</i> , 2012
<i>Lippia citriodora</i>		19.4 y 21.2 antes y después de la adsorción, respectivamente	
<i>Mentha suaveolens</i>	HSV-1	5.1	Civitelli <i>et al.</i> , 2014
<i>Ocimum basilicum</i>	Virus de la diarrea viral bovina	474.29	Kubica <i>et al.</i> , 2014
<i>Osmunda regalis</i> L.	Virus Coxsackie B4	2.244	Bouazzi <i>et al.</i> , 2018
<i>Salvia desoleana</i>	HSV-2	23.72	Cagno <i>et al.</i> , 2017
<i>Thymus capitatus</i>	HSV-2	18.6	Toujani <i>et al.</i> , 2018

Nota: IC<sub>50</sub>, indica la concentración de un activo que induce un 50% de inhibición; HSV-1, virus herpes humano tipo 1; HSV-2, virus herpes humano tipo 2.

Finalmente, podemos decir que diferentes estudios han evidenciado la capacidad antiviral de los aceites esenciales, por lo que, en los últimos años se han sugerido como prototipos de agentes terapéuticos en el tratamiento de las infecciones virales.

A pesar de que los aceites esenciales han demostrado su eficacia como agentes antivirales, su aplicabilidad se ve restringida debido a la alta volatilidad de sus compuestos y a su fácil degradación ante su exposición al calor, la luz, la presión y el oxígeno (Singh y Pulikkal, 2022). Además, su insolubilidad en agua dificulta su aplicación biológica. Por lo tanto, en los últimos años, la encapsulación de estos compuestos en sistemas nanoparticulados, como las nanopartículas poliméricas, ha adquirido gran relevancia como una estrategia efectiva para superar estas limitaciones (Lammari *et al.*, 2020). En este contexto, los vehículos de tamaño nanométrico podrían ofrecer protección, mejorar la solubilidad, aumentar la biodisponibilidad y proporcionar una liberación controlada de los principios activos.

## CONCLUSIONES

Las infecciones virales provocan altos impactos al sector salud e importantes pérdidas económicas y afectaciones sociales. Debido a ello, está el interés por comprender la estructura y el ciclo replicativo de estos patógenos, con el objetivo de prevenir y encontrar nuevos compuestos con propiedades antivirales. Finalmente, podemos afirmar que diferentes estudios han evidenciado la capacidad antiviral de los aceites esenciales, por lo que, en los últimos años se han sugerido como prototipos de agentes terapéuticos en el tratamiento de las infecciones virales.

## AGRADECIMIENTOS

NNEC agradece al CONAHCYT por la beca otorgada (no. 792777) para cursar el programa de Doctorado en Manejo y Aprovechamiento Integral de Recursos Bióticos (SNP-CONAHCYT) en la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Se agradece el apoyo de la UANL a través del ProACTI-2023 (40-BQ-2023).



## LITERATURA CITADA

- Abou Baker, D. H., Amarowicz, R., Kandell, A., Ali, M. A., y Ibrahim, E. A. 2021. Antiviral activity of *Lavandula angustifolia* L. and *Salvia officinalis* L. essential oils against avian influenza H5N1 virus. *Journal of Agriculture and Food Research*, 4(100135), 100135. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100135>
- Adiningsih, S., Widiyanti, M., y Rokhmad, F.M. 2023. Tenofovir Lamivudine Efavirenz Side Effect and Its Efficacy Among People Living with HIV in Jayapura. *Proceedings of the 1st International Conference for Health Research*, 158-169. [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-112-8\\_16](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-112-8_16)
- Althwaiqeb, S. y Bordoni, B. 2023. Histology, B Cell Lymphocyte. In *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560905/>
- Ali, M., Lurwan, M., Halliru, S. N., y Salihi, A. M. 2020. Role of T-helper cells (CD4+ T cells) in human immune system against some microbial infection: a mini review. *International Journal of Clinical Microbiology and Biochemical Technology*, 3(1), 026-029. <https://doi.org/10.29328/journal.ijcmbt.1001012>
- Astani, A., Reichling, J., y Schnitzler, P. 2010. Comparative study on the antiviral activity of selected monoterpenes derived from essential oils. *Phytotherapy Research*, 24(5), 673-679. <https://doi.org/10.1002/ptr.2955>
- Astani, A., Reichling, J., y Schnitzler, P. 2011. Screening for antiviral activities of isolated compounds from essential oils. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: ECAM*, 253643. <https://doi.org/10.1093/ecam/nep187>
- Benencia, F., y Courrèges, M. C. 2000. In vitro and in vivo activity of eugenol on human herpesvirus. *Phytotherapy Research*, 14(7), 495-500. [https://doi.org/10.1002/1099-1573\(200011\)14:7<495::aid-ptr650>3.0.co;2-8](https://doi.org/10.1002/1099-1573(200011)14:7<495::aid-ptr650>3.0.co;2-8)
- Bouazzi, S., Jmii, H., El Mokni, R., Faidi, K., Falconieri, D., Piras, A., Jaidane, H., Porcedda, S., y Hammami, S. 2018. Cytotoxic and antiviral activities of the essential oils from Tunisian Fern, *Osmunda regalis*. *South African Journal of Botany*, 118, 52-57. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.06.015>
- Burčul, F., Blažević, I., Radan, M., Politeo, O. 2020. Terpenes, phenylpropanoids, sulfur and other essential oil constituents as inhibitors of cholinesterases. *Curr Med Chem*, 27(26): 4297-4343.
- Cagno, V., Sgorbini, B., Sanna, C., Cagliero, C., Ballero, M., Civra, A., Donalizio, M., Bicchì, C., Lembo, D., y Rubiolo, P. 2017. In vitro anti-herpes simplex virus-2 activity of *Salvia desoleana* Atzei & V. Picci essential oil. *PLoS One*, 12(2), 1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172322>
- Carlson, C. J., Albery, G. F., Merow, C., Trisos, C. H., Zipfel, C. M., Eskew, E. A., Olival, K. J., Ross, N., y Bansal, S. 2022. Climate change increases cross-species viral transmission risk. *Nature*, 607(7919), 555-562. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04788-w>
- CDC (Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades). (2018, mayo 5). Historia de la pandemia de gripe de 1918. Disponible en <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/1918-commemoration/1918-pandemic-history.htm>
- Chu Y., Zhao Z., Cai L., y Zhang G. 2022. Viral diversity and biogeochemical potential revealed in different prawn-culture sediments by virus-enriched metagenome analysis. *Environmental Research*, 210, 112901. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112901>.
- Cifuentes-Munoz, N., El Najjar, F., y Dutch R.E. 2020. Viral cell-to-cell spread: conventional and non-conventional ways. *Advances in Virus Research*, 108, 85-125.
- Civitelli, L., Panella, S., Marcocci, M. E., De Petris, A, Garzoli, S., Pepi, F., Vavala, E., Ragno, R., Nencioni, L., Palamara, A. T., y Angioletta, L. 2014. In vitro inhibition of herpes simplex virus type 1 replication by *Mentha suaveolens* essential oil and its main component piperitenone oxide. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 21(6), 857-865. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phymed.2014.01.013>
- Feriotto, G., Marchetti, N., Costa, V., Beninati, S., Federico, T., y Mischianti, C. 2018. Chemical composition of essential oils from *Thymus vulgaris*, *Cymbopogon citratus* and *Rosmarinus officinalis* and their effects on the HIV-1 Tat protein function. *Chemistry & Biodiversity*, 15(2), e1700436. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201700436>
- Galán-Sánchez, F., Fernández-Gutiérrez Del Álamo, C., y Rodríguez-Iglesias, M. 2014. Infecciones víricas [Viral infections]. *Medicine*, 11(49), 2885-2892. [https://doi.org/10.1016/S0304-5412\(14\)70711-5](https://doi.org/10.1016/S0304-5412(14)70711-5)
- Gibbens, S. 2020. Las mejores formas de lavar las mascarillas. Disponible en <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2020/05/las-mejores-formas-de-lavar-las-mascarillas>
- Gilling, D. H., Kitajima, M., Torrey J. R., y Bright, K.R. 2014. Antiviral efficacy and mechanisms of action of oregano essential oil and its primary component carvacrol against murine norovirus. *Journal of Applied Microbiology*, 116, 1149-1163. <https://doi.org/10.1111/jam.12453>
- Goméz, L. A., Stashenko, E., y Ocazonez, R. E. 2012. Comparative study on in vitro activities of citral, limonene and essential

- oils from *Lippia citriodora* and *L. alba* on yellow fever virus. *Natural Product Communications*, 8(2), 249-252. <https://doi.org/10.1177/19345678x1300800230>
- Haddad, J. G., Picard, M., Bénard, S., Desvignes, C., Després, P., Diotel, N., y El Kalamouni, C. 2019. Ayapana triplinervis essential oil and its main component thymohydroquinone dimethyl ether inhibit Zika virus at doses devoid of toxicity in zebrafish. *Molecules*, 24(19), 3447. <https://doi.org/10.3390/molecules24193447>
- Hsu, M., Safadi A. O., y Lui, F. 2022. *Physiology, Stomach*. In StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535425/>
- Krug, R. M., y Wagner, R. R. 2024. *Virus*. In Britannica. Disponible en <https://www.britannica.com/science/virus>
- Kubica, T. F., Alves, S. H., Weiblen, R., y Lovato, L. T. 2014. In vitro inhibition of the bovine viral diarrhoea virus by the essential oil of *Ocimum basilicum* (basil) and monoterpenes. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45(1), 209-214. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014005000030>
- Kulkarni, S. A., Nagarajan, S. K., Ramesh, V., Palaniyandi, V., Selvam, S. P., y Madhavan, T. 2020. Computational evaluation of major components from plant essential oils as potent inhibitors of SARS-CoV-2 spike protein. *Journal of Molecular Structure*, 1221, 128823. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128823>
- Lammari, N., Ouahida, L., Hassen Meniai, A., y Elaissari, A. 2020. Encapsulation of essential oils via nanoprecipitation process: overview, progress, challenges and prospects. *Pharmaceutics*, 12(431), 1-21. doi:10.3390/pharmaceutics12050431
- Leung, N.H.L. 2021. Transmissibility and transmission of respiratory viruses. *Nature Reviews*. 19, 528-545. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00535-6>
- Levinson, W., Chin-Hong, P., Joyce, E.A., Nussbaum, J., y Schwartz, B. 2020. *Structure*. In W. Levinson, P. Chin-Hong, E. A. Joyce, J. Nussbaum, y B. Schwartz (Eds.), *Review of Medical Microbiology & Immunology*. McGraw Hill. <https://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2867&sectionid=242767700>
- Łusiak-Szelachowska, M., Weber-Dąbrowska, B., Żaczek, M., Borysowski, J., y Górski, A. 2020. The presence of bacteriophages in the human body: good, bad or neutral?. *Microorganisms*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/microorganisms8122012>
- Mancianti F., y Ebani V. V. 2020. Biological activity of essential oils. *Molecules*, 25(3), 2-5. <https://doi.org/10.3390/molecules25030678>
- Meier, K., Thorkelsson, S.R., Quemin, E.R.J., y Rosenthal, M. 2021. Hantavirus replication cycle-an updated structural virology perspective. *Viruses*, 13(1561), 1-16. <https://doi.org/10.3390/v13081561>
- Meneses, R., Ocazonez, R. E., Martínez, J. R., y Stashenko, E. E. 2009. Inhibitory effect of essential oils obtained from plants grown in Colombia on yellow fever virus replication in vitro. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 8(8), 1-6. <https://doi.org/10.1186/1476-0711-8-8>
- Mieres-Castro, D., Ahmar, S., Shabbir, R., y Mora-Poblete, F. 2021. Antiviral activities of eucalyptus essential oils: their effectiveness as therapeutic targets against human viruses. *Pharmaceutics*, 14(12), 1210. <https://doi.org/10.3390/ph14121210>
- Moreira-Marrero, L. 2019. [Tesina para obtener el grado de Licenciada en Ciencias Biológicas]. Universidad de la República de Uruguay. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/26599/1/uy24-19405.pdf>
- Mori, K., Obossou, E. K., Suwa, S., Miura, S., Oh, S., Jinbo, M., Ishibashi, Y., Hosono, T., Toda, T., Tomobe, K., Shinozuka, T., y Nakajo, S. 2016. Human immunodeficiency virus type 1 (HIV-1) reverse transcriptase inhibitory effect of *Cymbopogon Nardus* essential oil. *International Journal of Advanced Research in Botany*, 2(1), 7-13. <http://dx.doi.org/10.20431/2455-4316.0201002>
- Mushegian, A.R. 2020. Are there 1031 virus particles on Earth, or more, or fewer? *Journal of Bacteriology*, 202(9), 1-5. <https://doi.org/10.1128/JB.00052-20>
- Murata, T., Sugimoto, A., Inagaki, T., Yanagi, Y., Watanabe, T., Sato, Y., y Kimura, H. 2021. Molecular Basis of Epstein-Barr Virus Latency Establishment and Lytic Reactivation. *Viruses*, 13(2344), 1-20. <https://doi.org/10.3390/v13122344>
- Nawaz, N., Wen, S., Wang, F., Nawaz, S., Raza, J., Iftikhar, M., y Usman, M. 2022. Lysozyme and its application as antibacterial agent in food industry. *Molecules*, 27(6305), 1-18. <https://doi.org/10.3390/molecules27196305>
- Nguyen, A. V., y Soulika, A. M. 2019. The dynamics of the skin's immune system. *International Journal Molecular Sciences*, 20(8), 1811. <https://doi.org/10.3390/ijms20081811>
- NLM (National Library of Medicine). (2022, mayo 25). *Viral Structural Proteins*. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh?term=%22Viral+Structural+Proteins%22%5B-MeSH+Terms%5D&cmd=DetailsSearch>
- Nogueira Sobrinho, A. C., de Moraes, S. M., Machado Marinho, M., Vasconcelos de Souza, N., y Malta Lima, D. 2021. Antiviral activity on the Zika virus and larvicidal activity on the *Aedes* spp. of *Lippia alba* essential oil and *b-caryophyllene*. *Industrial Crops & Products*, 162, 113281. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113281>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2021, agosto 30). *Vacunas e inmunización: ¿Qué es la vacunación?*. Disponible en <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/vaccines-and-immunization-what-is-vaccination>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2023a, diciembre 31). *Tablero de la OMS sobre el coronavirus (COVID-19)*. Disponible en <https://covid19.who.int>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2023b, enero 14). *Enfermedad por ebolavirus Sudán-Uganda*. Disponible en <https://www.who.int/es/emergencias/disease-outbreak-news/item/2023-DON433>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2023c, julio 23). *La OMS presenta datos científicos recientes y nuevas orientaciones sobre la supresión del VIH en la IAS 2023*. Disponible en <https://www.who.int/es/news/item/23-07-2023-new-who-guidance-on-hiv-viral-suppression-and-scientific-updates-released-at-ias-2023>
- ONUSIDA (Programa Conjunto de las Naciones Unidas sobre el VIH/SIDA). 2023. *Últimas estadísticas sobre el estado de la epidemia de sida*. Disponible en <https://www.unaids.org/es/resources/fact-sheet>
- Ostrycharz, E., y Hukowska-Szematowicz, B. 2022. New insights into the role of the complements system in human viral diseases. *Biomolecules*, 12(2), 226. <https://doi.org/10.3390/biom12020226>
- Parvez, M.K. 2020. Geometric architecture of viruses. *World Journal of Virology*, 9(2), 5-18. <https://doi.org/10.5501/wjv.v9.i2.5>
- Pedan, H., Janosova, V., Hajtman, A., y Calkovsky, V. 2020. Non-reflex defense mechanisms of upper airway mucosa: possible clinical application. *Physiological research*, 69(Suppl. 1), S55-S67. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934404>
- Reichling, J. 2021. Antiviral and virucidal properties of essential oils and isolated compounds-a scientific approach. *Planta Medica*, 88, 587-603. <https://doi.org/10.1055/a-1382-2898>
- Rheinemann, L., y Sundquist, W. I. 2021. *Virus Budding*. *Encyclopedia of Virology*, 519-528. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814515-9.00023-0>
- Ribas Pilau, M., Hartz Alves, S., Weiblen, R., Arenhart, S. Cueto, A. P., y Lovato, L. T. 2011. Antiviral activity of the *Lippia graveolens* (mexican oregano) essential oil and its main compound carvacrol against human and animal viruses. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42: 1616-1624. <https://doi.org/10.1590/S1517-838220110004000049>
- Rosowski, E. E. 2020. Determining macrophage versus neutrophil contributions to innate immunity using larval zebrafish. *Disease Models & Mechanisms*, 13(1). <https://doi:10.1242/dmm.041889>

- Sanchez, L.F. 2022. Fitoquímica. Editorial de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
- Saul, R. S., McCausland, C., y Taylor, B. N. 2022. Histology, T-Cell Lymphocyte. In StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535433/>
- Selvarani, V., y James, H. 2013. The activity of cedar leaf oil vapor against respiratory viruses: practical applications. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(11), 011-015. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.31103>
- Serudji, J. 2022. Rubella infection in pregnancy. *Journal of Midwifery*, 7(1), 18-23. <https://doi.org/10.25077/jom.7.1.16-23.2022>
- Simón, D., Cristina, J., y Musto, H. 2021. Nucleotide composition and codon usage across viruses and their respective hosts. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.646300>
- Singh, I.R. y Pulikkal, A.K. 2022. Preparation, stability and biological activity of essential oil-based nano emulsions: a comprehensive review. *OpenNano*, 100066. <https://doi.org/10.1016/j.onano.2022.100066>
- Toujani, M. M., Ritta, M., Civra, A., Genovese, S., Epifano, F., Ghram, A., Lembo, D., y Donalisio, M. 2018. Inhibition of HSV-2 infection by pure compounds from *Thymus capitatus* extract in vitro. *Phytotherapy Research*, 32(8), 1555-1563. <https://doi.org/10.1002/ptr.6084>
- Van Helvoort, T., y Sankaran, N. 2019. How seeing became knowing: the role of the electron microscope in shaping the modern definition of viruses. *Journal of the History of Biology*, 52(1), 125-160. <https://doi.org/10.1007/s10739-018-9530-2>
- Wani, A. R., Yadav, K., Khursheed, A., y Rather, M. A. 2020. An updated and comprehensive review of the antiviral potential of essential oils and their chemical constituents with special focus on their mechanism of action against various influenza and coronaviruses. *Microbial Pathogenesis*, 152, 104620. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104620>
- Wu, Z., Zhang, Y., Xu, X., Ahmed, T., Yang, Y., Loh, B., Leptihn, S., Yan, C., Chen, J., y Li, B. 2021. The holin-endolysin lysis system of the OP2-Like phage X2 infecting *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae*. *Viruses*, 13(1949), 1-19. <https://doi.org/10.3390/v13101949>
- Zareifopoulos, N., Lagadinou, M., Karela, A., Kyriakopoulou, O., y Velissaris, D. 2020. Neuropsychiatric effects of antiviral drugs. *Cureus* 12(8), e9536. <https://doi.org/10.7759/cureus.9536>
- Zhang, Y., Xiao-Yan, L., Bing-Sha, Z., Li-Na, R., Yan-Peng, L., Jin-Wen, T., Di, L., Yong, L., Li-Thing, L., Zi-Xue, L., Qin, M., y Mei-Lan, M. 2022. In vivo antiviral effect of plant essential oils against avian infectious bronchitis virus. *Veterinary Research*, 18(90), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03183-x>

