

Carbohidratos: ¿defensores o cómplices de los virus?

Carbohydrates: defenders or allies of viruses?

Brenda Ingrid Velázquez Dodge y Roberta Salinas Marín

Resumen

Los virus son biológicamente diversos, y algunos han desarrollado la capacidad de infectar eficazmente a los seres humanos, eludiendo el sistema inmunológico mediante el uso de biomoléculas como los glicanos. Estos carbohidratos juegan un papel fundamental en las infecciones virales, facilitando la adherencia y penetración de virus como el SARS-CoV-2 en las células humanas. Sin embargo, los glicanos también pueden actuar como una barrera contra las infecciones, interfiriendo en la unión y entrada de los virus, sirviendo como receptores para el sistema inmunológico o modificándose para bloquear la infección. La interacción entre glicanos y virus es compleja y clave para entender las infecciones virales, lo que resalta la importancia de los glicanos en la lucha contra ellas.

Palabras clave: glicanos, infecciones virales, carbohidratos, Glicovirología, SARS-CoV-2, virus.

Abstract

Viruses are biologically diverse, and some have developed the ability to effectively infect humans by evading the immune system using biomolecules such as glycans. These carbohydrates play a key role in viral infections, facilitating the adhesion and penetration of viruses like SARS-CoV-2 into human cells. However, glycans can also act as a barrier against infections by interfering with the binding and entry of viruses, serving as receptors for the immune system, or being modified to block infection. The interaction between glycans and viruses is complex and crucial for understanding viral infections, highlighting the importance of glycans in the fight against them.

Keywords: glycans, viral infections, carbohydrates, glycovirology, SARS-CoV-2, viruses.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO

Velázquez Dodge, Brenda Ingrid y Salinas Marín, Roberta. (2025, marzo-abril). Carbohidratos: ¿defensores o cómplices de los virus? *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 26(2). <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2025.26.2.6>

Brenda Ingrid Velázquez Dodge

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas, México.

Es Maestra en Ciencias con área terminal en Biología Celular y Molecular por el Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas (IICBA) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Actualmente, es Candidata a Doctora en Ciencias por el IICBA.

 brenda25dodge@gmail.com

 [0009-0009-3437-9454](https://orcid.org/0009-0009-3437-9454)

Roberta Salinas Marín

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas, México.

Cuenta con un Doctorado en Ciencias en el área de Biología Celular y Molecular por el Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas (IICBA). Se encuentra adscrita al Laboratorio de Glicobiotecnología del Centro de Investigación en Dinámica Celular de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos en Cuernavaca, donde ejerce como Profesora Investigadora Tiempo Completo Asociada C. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I, y forma parte de la Red Temática de Glicociencias en Salud. Su principal interés radica en la regulación transcripcional del transportador de CMP-ácido siálico y el análisis de los glicoARNs en cáncer. Una de sus líneas de investigación se enfoca en el estudio del splicing del transportador de CMP-ácido siálico en mamíferos.

 rsm@uaem.mx

 [0000-0003-0815-447X](https://orcid.org/0000-0003-0815-447X)

Un banquete para lo invisible

Cada día, al sentarnos a la mesa, nos alimentamos con más que simples nutrientes. Cada bocado que tomamos activa una serie de procesos moleculares en nuestro cuerpo, y curiosamente, no sólo a nosotros. Los virus, con sus propios planes, también se benefician de nuestros nutrientes. Los carbohidratos, más allá de ser una fuente directa de energía, se entrelazan en redes de interacción que afectan profundamente la forma en que las células se comunican entre sí y responden a estímulos, como los de una invasión viral. Pero antes de sumergirnos en este fascinante cruce de caminos, debemos entender qué es, realmente, un virus.

Los virus, a diferencia de otros seres vivos, no tienen vida propia en el sentido convencional. Son partículas inertes hasta que entran en contacto con una célula, momento en el que activan su capacidad para replicarse y propagarse. Su estructura es simple pero letal: un virión que contiene material genético —ya sea ADN o ARN— protegido por una cápside proteica. Según su envoltura lipídica, se clasifican en dos tipos: los virus con envoltura y los que no. La envoltura lipídica facilita la interacción del virus con las membranas celulares, ayudándolo a infiltrarse y manipular sus huéspedes (Sevvana et al., 2020) (figura 1).

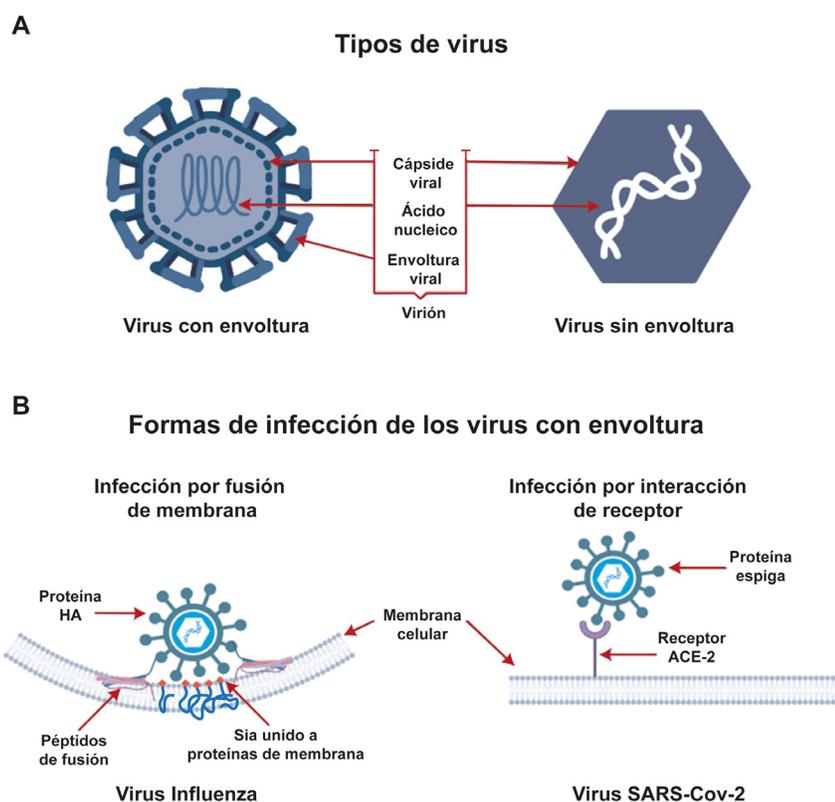


Figura 1. Tipos de virus y su forma de infectar. A) En la parte superior izquierda, los virus con envoltura, que presentan proteínas y lípidos glicosilados en su superficie. A la derecha, un virus sin envoltura, cuya cápside viral protege su material genético (ADN o ARN). B) Las dos formas de infección de un virus: la fusión de membrana, donde la proteína HA del virus interactúa con el ácido siálico (Sia) de la célula para fusionarse con ella (inferior izquierda), y la unión a receptores celulares, donde la proteína Spike del virus se une a la proteína ACE2 de la célula (inferior derecha).

Crédito. Brenda Velázquez Dodge.

La coreografía de la infección

La entrada de un virus a una célula es algo que se podría comparar con una coreografía perfectamente orquestada. En los virus con envoltura, este proceso se desglosa en dos actos fundamentales:

- 1. Reconocimiento del receptor.** La célula tiene en su superficie una proteína llamada “receptor”. Es como un candado esperando que se le coloque la llave correcta —que en este caso es una molécula viral. Si la clave encaja, el virus logra infiltrarse.
- 2. Fusión de membranas.** En este paso, la célula tiene la llave y el virus posee el candado. Cuando ambas piezas se combinan, la envoltura del virus se fusiona con la membrana celular, permitiendo que el material genético del virus entre a la célula (Bamford et al., 2005; Holmes, 2011).

Aquí, tanto la célula como el virus se visten con carbohidratos. En las células animales, el proceso de glicosilación implica la unión de carbohidratos —o glicanos— con proteínas, lípidos y ARN no codificantes. El resultado son glicoproteínas, glicolípidos y glicoARNs, estructuras que facilitan la comunicación entre células, protegen las proteínas y modulan las interacciones entre célula-célula y célula-virus (Varki et al., 2022).

Cómplices y guardianes: el doble rostro de los carbohidratos

En este escenario viral, los glicanos juegan un papel doble: pueden ser aliados del virus, ayudando a la infección, o convertirse en barreras de defensa. Veamos algunos ejemplos:

- 1. Virus de la influenza.** Este virus, que causa las gripes estacionales que todos conocemos, presenta en su superficie una proteína llamada hemaglutinina (HA), que se une a glicanos llamados ácidos siálicos (Sia) (Li et al., 2021). El ácido siálico se encuentra en las cadenas de oligosacáridos que adornan las células humanas, haciendo más fácil que la proteína HA del virus pueda detectar y unirse a la célula, para luego fusionarse con ella (Dugan et al., 2022; Zheng et al., 2022).
- 2. SARS-CoV-2.** El virus responsable del COVID-19 también utiliza los glicanos a su favor. En su superficie, posee una proteína conocida como Spike, rodeada de carbohidratos organizados de forma similar a los de nuestras células. Este camuflaje engaña a la proteína ACE-2 humana, permitiendo que el virus se infiltre sin ser detectado (figura 1B). Este truco resulta problemático para el sistema inmunológico, que no logra identificar el virus a tiempo.
- 3. Virus del VIH.** El virus que causa el SIDA es otro experto en el arte del disfraz. Sus glicoproteínas, que están recubiertas en su mayoría por glicanos humanos, protegen ciertas áreas críticas de la proteína viral. Al igual que un espía, el VIH utiliza estos glicanos para engañar a nuestro sistema inmune, haciéndole creer que es parte de nuestro cuerpo, mientras se infiltra en las células del sistema inmunológico (figura 1B).

Tipos de protección mediada por glicanos

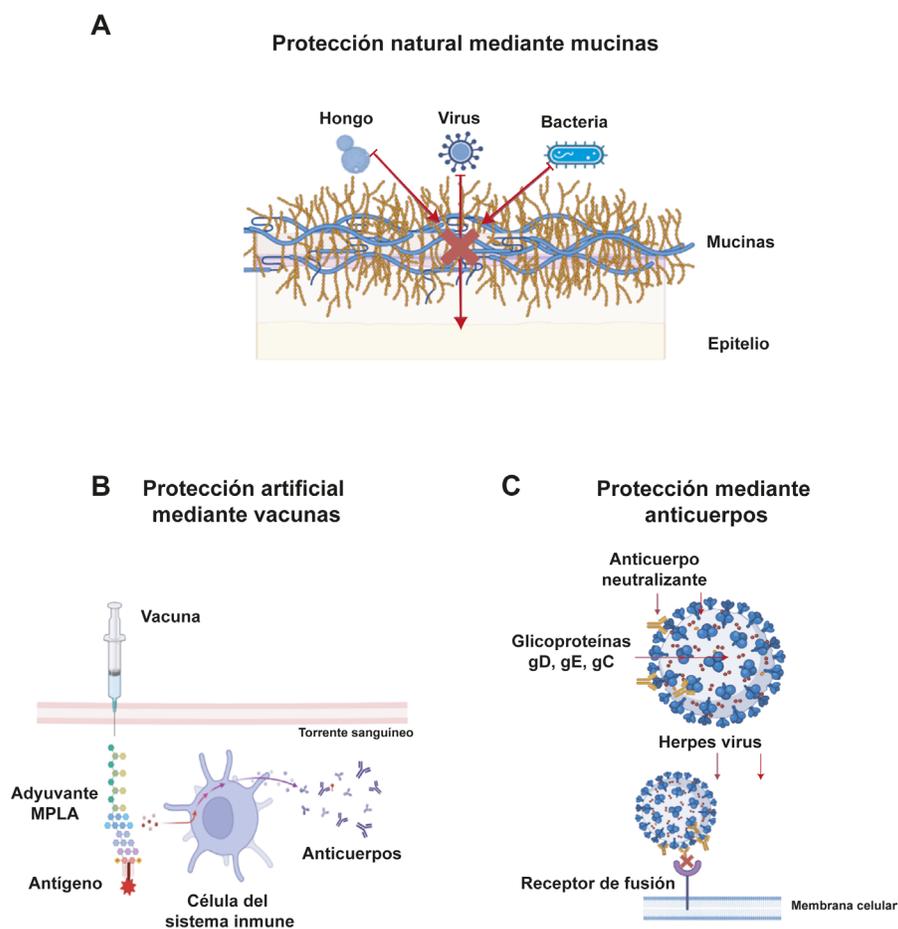


Figura 2. Diferentes tipos de protección otorgada por los carbohidratos. A) Virus tratando de penetrar a través del epitelio, pero las mucinas los detienen. B) Vacuna con el adyuvante MPLA que optimiza la respuesta inmune al aumentar el tamaño molecular del antígeno. C) Anticuerpos que neutralizan las glicoproteínas virales, bloqueando su adhesión a la célula.

Crédito. Brenda Velázquez Dodge .

Figura 3. Lectinas: bloqueadoras en la unión viral. Una lectina se adhiere a los residuos de glucosa, impidiendo que los virus se anclen en la célula.

Crédito. Brenda Velázquez Dodge .

Los carbohidratos o glicanos como enemigos de los virus

Pero los carbohidratos no siempre son cómplices. De hecho, pueden convertirse en poderosos guardianes. Esta dualidad de los glicanos se manifiesta en dos frentes:

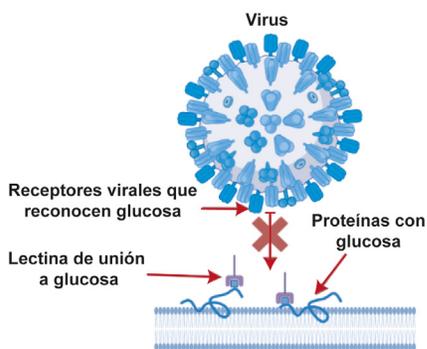
Defensas naturales. Dentro de nuestro cuerpo, las mucinas —glicoproteínas que recubren nuestras mucosas en el intestino, pulmones, nariz y saliva— actúan como una barrera pegajosa que atrapa virus, bacterias y hongos antes de que logren alcanzar sus objetivos (figura 2A).

Intervenciones artificiales. Los científicos, inspirados por estas defensas naturales, han desarrollado tratamientos innovadores. Algunas vacunas incluyen adyuvantes como el MPLA (Monofosforilado A), que aumentan el tamaño molecular del antígeno, facilitando su reconocimiento por el sistema inmunológico (Bashiri et al., 2020) (figura 2B). Otras investigaciones se enfocan en bloquear la adhesión viral mediante glicoproteínas específicas, como en el caso del herpes (Heldwein et al., 2006; Minaya et al., 2017) (figura 2C).

Paralelamente, se están desarrollando fármacos antivirales que incorporan carbohidratos para interferir en la unión virus-célula o para mejorar el reconocimiento viral por el sistema inmune. Recientemente, ha ganado atención la viruela del mono, una enfermedad zoonótica provocada por el virus Monkeypox, que ha logrado infectar incluso a personas previamente vacunadas contra la viruela humana (Merchinsky et al., 2019).

Los estudios han demostrado que este virus bloquea un receptor esencial para activar la respuesta inmune, el receptor de interferón (IFN). Basándose en este hallazgo, los científicos están desarrollando fármacos que estimulen la producción de proteínas altamente glicosiladas, similares a las mucinas, que bloqueen la interacción viral (figura 3). Las

Lectinas como inhibidores virales



lectinas, proteínas con alta afinidad por los glicanos, también están siendo estudiadas como posibles herramientas para prevenir la invasión viral.

Conclusión

Entender las interacciones entre los virus y nuestras células es crucial para comprender cómo las enfermedades se propagan y cómo nuestro cuerpo lucha contra ellas. En México, la Glicovirología —el estudio de la influencia de los glicanos en la replicación y propagación viral— se está consolidando como un campo emergente. Este conocimiento no sólo mejora nuestra comprensión científica, sino que también nos prepara mejor para enfrentar futuras crisis sanitarias, como lo hizo la pandemia de COVID-19. Y ahora, al saber que cada bocado que tomamos puede desencadenar todo este proceso molecular, quizás empecemos a ver nuestra alimentación desde una perspectiva completamente nueva.

Material de Apoyo

A continuación se presentan definiciones clave de algunos términos técnicos utilizados en este artículo, para una mejor comprensión de los conceptos relacionados con los glicanos y su papel en las infecciones virales:

- **Ácido siálico (Sia):** carbohidrato de 9 carbonos con carga negativa, que se encuentra en la parte terminal de la estructura de los glicanos de mamíferos.
- **Adyuvante:** sustancias que ayudan a que la vacuna dure más tiempo en el torrente sanguíneo o que facilitan el reconocimiento por parte del sistema inmune, activándose así más fácilmente.
- **Enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE-2):** glicoproteína de membrana, presente especialmente en mucosas orales, nasales, epitelio pulmonar y tracto gastrointestinal.
- **Glicanos:** carbohidratos que se unen a proteínas, lípidos y RNAs.
- **Hemaglutinina (HA):** glicoproteína que reconoce ácido siálico y se encuentra en la superficie de algunos virus.
- **Interferón (IFN):** proteínas producidas por células del sistema inmune en respuesta a algún antígeno, principalmente virus.
- **Lectinas:** proteínas extraídas de plantas que se unen a diferentes tipos de carbohidratos.
- **Lipopolisacárido (LPS):** también conocido como endotoxina, es el mayor componente de la membrana externa de las bacterias gramnegativas, compuesto por fosfolípidos altamente glicosilados con gran capacidad para activar el sistema inmune.
- **Mucinas:** proteínas epiteliales con alto contenido de carbohidratos, que juegan un papel importante en la protección de las mucosas y la defensa frente a patógenos.

Referencias

- ❖ Bamford, D. H., Grimes, J. M., y Stuart, D. I. (2005). What does structure tell us about virus evolution? *Current Opinion in Structural Biology*, 15(6), 655–663. <https://doi.org/10.1016/J.SBI.2005.10.012>
- ❖ Bashiri, S., Koirala, P., Toth, I., y Skwarczynski, M. (2020). Carbohydrate immune adjuvants in subunit vaccines. *Pharmaceutics*, 12(10), 1–33. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12100965>
- ❖ Dugan, A. E., Peiffer, A. L., y Kiessling, L. L. (2022). Advances in glycoscience to understand viral infection and colonization. *Nature Methods*, 19(4), 384–387. Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41592-022-01451-0>
- ❖ Heldwein, E. E., Lou, H., Bender, F. C., Cohen, G. H., Eisenberg, R. J., y Harrison, S. C. (2006). Crystal structure of glycoprotein B from herpes simplex virus 1. *Science*, 313(5784), 217–220. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1126548>
- ❖ Holmes, E. C. (2011). What does virus evolution tell us about virus origins? *Journal of Virology*, 85(11), 5247–5251. <https://journals.asm.org/doi/10.1128/jvi.05689-11>
- ❖ Li, Y., Liu, D., Wang, Y., Su, W., Liu, G., y Dong, W. (2021). The importance of glycans of viral and host proteins in enveloped virus infection. *Frontiers in Immunology*, 12, 638573. Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.638573>
- ❖ Merchlinsky, M., Albright, A., Olson, V., Schiltz, H., Merkeley, T., Hughes, C., Petersen, B., y Challberg, M. (2019). The development and approval of tecoviromat (TPOXX®), the first antiviral against smallpox. *Antiviral Research*, 168, 168–174. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2019.06.005>
- ❖ Minaya, M. A., Korom, M., Wang, H., Belshe, R. B., y Morrison, L. A. (2017). The Herpevac trial for women: Sequence analysis of glycoproteins from viruses obtained from infected subjects. *PLOS ONE*, 12(4), e0176687. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0176687>
- ❖ Sevvana, M., Klose, T., y Rossmann, M. G. (2020). Principles of virus structure. In *Encyclopedia of Virology: Volume 1-5* (4th ed., pp. 257–277). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814515-9.00033-3>
- ❖ Varki, A., Cummings, R. D., Esko, J. D., Stanley, P., Hart, G. W., Aebi, M., Mohnen, D., Kinoshita, T., Packer, N. H., Prestegard, J. H., Schnaar, R. L., y Seeberger, P. H. (2022). *Essentials of Glycobiology*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35536922/>
- ❖ Zheng, L., Wang, K., Chen, M., Qin, F., Yan, C., y Zhang, X.-E. (2022). Characterization and function of glycans on the spike proteins of SARS-CoV-2 variants of concern. *Microbiology Spectrum*, 10(6). <https://doi.org/10.1128/SPECTRUM.03120-22>