

Academia de Ciencias
Físicas, Matemáticas y Naturales



REGRESO A CLASES PRESENCIALES

Año lectivo 2021-2022

I. Aspectos epidemiológicos



ACADEMIA DE CIENCIAS
FÍSICAS, MATEMÁTICAS Y NATURALES

Septiembre 2021

Regreso a clases presenciales

Año lectivo 2021-2022

I. Aspectos epidemiológicos

Regreso a clases presenciales

Año lectivo 2021-2022

I. Aspectos epidemiológicos

Documentos de la Academia

Septiembre 2021





© Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 2021

Cita Sugerida:

Documentos de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, Venezuela.
xx pag, 2021

Hecho el depósito de Ley

Depósito legal: DC2021001511

ISBN: 978-980-6195-73-8

Coordinación de edición:

Deanna Marcano

Diseño de carátula:

María Alejandra Ramírez

Corrección de estilo:

Samantha Ruggiero

Diagramación y diseño gráfico:

María Alejandra Ramírez

Edición digital

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación, o transmitida, en cualquier forma o por cualquier medio, sin la previa autorización escrita del autor y de la Academia.

Presentación	V
Regreso a clases: recomendaciones para disminuir su impacto en la propagación de la Covid-19	1
1. Panorama epidemiológico actual en Venezuela	1
2. El regreso a clases	2
3. Vacunación del personal docente	2
4. Uso de mascarillas y aforos	4
5. Reducción de aforos y esquemas de restricción de actividades	6
6. Vigilancia epidemiológica y protocolos de suspensión de actividades	9
7. Conclusiones y recomendaciones	9
Referencias	11

Ante el anuncio emanado de las autoridades del Estado venezolano del regreso progresivo a clases presenciales a partir de la tercera semana de octubre del presente año, la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, convencida del valor de la educación para el desarrollo de los niños y los jóvenes, pero consciente del elevado riesgo epidemiológico que implica para la comunidad estudiantil y para sus familias, el regreso a las aulas en momentos de alta transmisión de la COVID-19 en el país, presenta dos documentos complementarios que analizan los aspectos epidemiológicos y educativos del regreso a los planteles. En el presente informe se evalúa desde la perspectiva epidemiológica el posible impacto de la apertura de los centros educativos que ocasiona la epidemia. Este reporte contiene evidencias científicas robustas de cuatro medidas que, implementadas simultáneamente y bajo las condiciones sanitarias actuales del país, pueden reducir significativamente las consecuencias.

La Academia exhorta así a las autoridades a establecer medidas sanitarias seguras -como las presentadas aquí- en los planteles educativos y recomienda a la comunidad a seguirlas responsablemente. De ello depende fuertemente que el regreso a clases no origine un crecimiento importante en el contagio de la COVID-19.

Invitamos al lector a revisar el documento complementario sobre los aspectos educativos, en el cual se analiza el regreso a clases bajo las muchas insuficiencias del sistema.

El regreso a clases: recomendaciones para disminuir su impacto en la propagación de la Covid-19

1. Panorama epidemiológico actual en Venezuela

Vivimos un momento complejo de la epidemia de la COVID-19 en Venezuela. Desde abril de 2021, se ha mantenido una alta incidencia en el número de infecciones y de fallecidos por la COVID-19, que supera al reportado durante la primera onda epidémica en el 2020. A pesar del persistente subregistro oficial de la epidemia por la limitada capacidad diagnóstica, este incremento se evidencia en los reportes oficiales [1], en el número de infecciones respiratorias agudas con sintomatología de la COVID-19 reportadas por los hospitales y las clínicas [2] y en el número de infecciones nuevas estimadas a partir de modelos epidemiológicos [3]. Esta intensificación de la pandemia viene acompañada de una vigilancia epidemiológica insuficiente, una cobertura completa de vacunación (2 dosis) muy por debajo de la recomendada -estimada en no más del 14.8 % para septiembre 2021 [4]-, un esquema de restricción de actividades para el manejo de la epidemia con poca efectividad sobre la transmisión del virus a nivel comunitario [5], la presencia de la variante Delta -mucho más transmisible que el virus original [6]- y una estrategia de comunicación de riesgo confusa por parte de las autoridades sanitarias. Además, la población sufre de «cansancio pandémico», con el resultante aumento en la movilidad de las personas y sus interacciones sociales, independientemente de las restricciones decretadas por el Estado [7]. La movilización asociada a la apertura escolar es significativa.

2. El regreso a clases

El reinicio de actividades educativas implica la reapertura de espacios de interacción social y, por ende, aumenta las posibilidades de infección por la COVID-19. En jóvenes, quienes conforman el grupo de mayor incidencia de infecciones asintomáticas [8], las cadenas de transmisión pueden pasar desapercibidas, en ausencia de pruebas diagnósticas capaces de detectar infecciones asintomáticas. Los centros educativos pueden, por lo tanto, convertirse en núcleos de inicio de cadenas de transmisión del virus SARS-CoV-2 en las familias y la comunidad, como ya ha sido evidenciado en otras latitudes [9]. Sin embargo, existen también estudios científicos y experiencias en otros países que demuestran que es posible minimizar el impacto de reabrir las escuelas si se implementan simultáneamente múltiples estrategias de prevención [10]. En este sentido, algunas experiencias sugieren que, en estos casos, el regreso al aula puede significar la sustitución de interacciones no supervisadas (eventos sociales y contactos sin mascarillas) por interacciones supervisadas dentro del aula (contactos con mascarilla y vigilancia epidemiológica), con menor riesgo de transmisión [11].

En muchos países, la vigilancia de infecciones sintomáticas y asintomáticas a través de pruebas diagnósticas frecuentes en toda la comunidad educativa ha permitido un regreso a clases con cierto grado de seguridad [12]. En Venezuela, en donde la vigilancia epidemiológica continúa siendo precaria, las alternativas de control son limitadas. No obstante, en este informe analizamos estrategias que pudieran ser implementadas en las condiciones actuales del país, a efectos de reducir el impacto del aumento en infecciones que se podría producir con el inicio de las actividades educativas en las aulas: 1) vacunación de todo el personal mayor de 18 años asociado al sistema educativo, 2) uso obligatorio y apropiado de mascarillas, 3) reducción de aforos mediante la implementación de actividades escolares en grupos pequeños que se alternan y 4) implementación de protocolos de suspensión de actividades basados en vigilancia de casos sintomáticos.

3. Vacunación del personal docente

La vacunación es la estrategia de salud pública más efectiva contra el virus SARS-CoV-2 para controlar progresivamente la pandemia. Es la manera más eficaz de adquirir cierta inmunidad, sin el riesgo que significa padecer la enfermedad grave, y reduce las tasas de transmisión a la población no vacunada. Cuando un porcentaje alto de la población es vacunado, es posible cortar las cadenas de transmisión del virus a través de lo que se denomina la «inmunidad de rebaño» y, así, eventualmente controlar la epidemia. Al inicio de la pandemia

se estimaba que sería necesario inmunizar a un 70 % de la población para alcanzar la inmunidad de rebaño [13, 14]. En varios países donde se lograron coberturas de vacunación cercanas a este porcentaje, se observó inicialmente una dramática reducción en el número de casos [15]. Sin embargo, coberturas desiguales de vacunación debido a diferencias en la disponibilidad de vacunas o resistencia por parte de personas no convencidas de la importancia de la vacunación socavan los esfuerzos por alcanzar la inmunidad de rebaño [13]. Además, la pérdida de inmunidad con el tiempo, el surgimiento de variantes del virus con mayor transmisibilidad y cierto grado de evasión a la respuesta protectora inducida por la infección natural o adquirida por la vacunación exigen una mayor cobertura que la inicialmente evaluada [16]. Venezuela, con una cobertura de vacunación estimada en un 16.6 % [4], se encuentra muy lejos de la inmunidad de rebaño. Por lo tanto, un porcentaje muy alto de la población continúa siendo susceptible a padecer la COVID-19.

El regreso a clases presenta un problema complejo porque actualmente no es posible inmunizar a la mayor parte de la población estudiantil en Venezuela. Las vacunas contra la COVID-19 que forman parte de los esquemas de inmunización del país aún no están avaladas por la OMS para su uso en menores de 18 años, aunque alguna de ellas ya han sido autorizadas para su uso en niños por otras agencias internacionales. La población estudiantil conforma el grupo de menor riesgo de hospitalización por la COVID-19, ya que alrededor del 47 % de los niños y jóvenes desarrollan infecciones asintomáticas [8]. Aunque un aumento en manifestaciones sintomáticas en jóvenes ha sido asociado a la circulación de la variante Delta [17], aún está por demostrarse si la infección con esta variante aumenta el riesgo de hospitalización en este grupo. Sin embargo, los estudiantes con infecciones asintomáticas pueden contagiar al personal docente o llevar la infección a sus hogares, en donde frecuentemente viven adultos en edades vulnerables. Es este precisamente uno de los mayores peligros que acarrea la apertura de los centros educativos sobre la población.

Simulaciones con modelos epidemiológicos demuestran que la inmunización de los maestros puede reducir el riesgo de contagio de los estudiantes, aunque esta reducción es más evidente cuando el porcentaje de vacunados en la población estudiantil es mayor (**Figura 1**). Algunas experiencias en otras regiones también demuestran el efecto de la vacunación de los docentes sobre los alumnos. Se ha reportado que la ausencia de vacunación en personal docente puede conllevar a brotes entre los alumnos [18]. La vacunación de los docentes no solo reduce el riesgo de contagio y hospitalización en la comunidad educativa, sino también disminuye las probabilidades de infecciones en los alumnos y su traslado hacia familiares cercanos.

Se ha demostrado que la vacunación reduce diez veces los riesgos de hospitalización, el ingreso a unidades de cuidados intensivos y, por ende, el riesgo a muerte, aun en regiones donde circulan variantes como la Delta [6], que reducen la efectividad de las vacunas [19]. Es altamente recomendable, por lo tanto, que **todo el personal docente, administrativo y obrero y los estudiantes elegibles (>18 años en este momento) completen su esquema de vacunación antes del reinicio de las clases en los planteles educativos.** Ante el riesgo epidemiológico que acarrea sobre las familias de los estudiantes y la comunidad en general, la reactivación de espacios de interacción social, como lo son las aulas, **la vacunación de toda la población venezolana debe ser prioridad.**

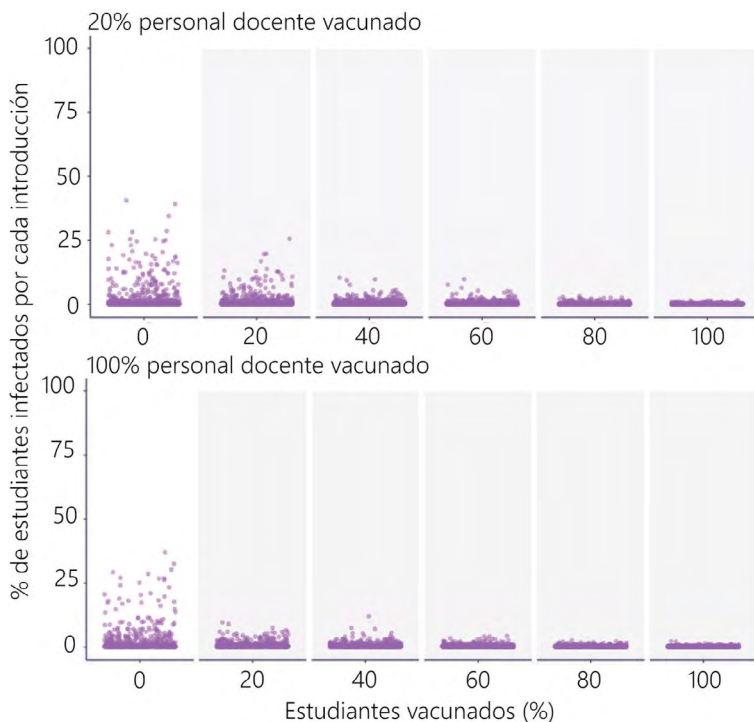


Figura 1. Impacto de la vacunación del personal docente sobre el riesgo de infección de los estudiantes en dos escenarios: 1) el 20 % del personal docente vacunado y 2) el 100 % del personal docente vacunado. Efectividad de las vacunas = 80 %, $R_0=2,5$. La vacunación del personal docente tiene un impacto mayor sobre el riesgo a infección de los estudiantes cuando parte de la población estudiantil está vacunada. <https://www.color.com/return-to-school-model-v2>

4. Uso de mascarillas y aforos

El SARS-CoV-2 se transmite principalmente cuando una persona infectada emite, al respirar, hablar, estornudar, toser, gritar o cantar, microgotas de saliva

en forma de aerosol y estas gotitas son inhaladas por otra persona [20]. Una vez liberadas al ambiente, las micropartículas que contienen al virus pueden mantenerse suspendidas en el aire por varias horas, desplazarse varios metros con las corrientes de aire y contagiar a personas presentes en dichos espacios, especialmente aquellas sin mascarillas apropiadas, presentes en dichos espacios [19]. Modelos de simulación, y algunas experiencias en países donde se han reiniciado las clases, demuestran que las mascarillas pueden reducir sustancialmente el riesgo de infección en espacios cerrados.

Simulaciones con modelos de evaporación y sedimentación de gotitas emitidas durante liberaciones respiratorias en áreas cerradas semiventiladas demuestran que en un aula donde habla una persona infectada, el riesgo a infección de los estudiantes aumenta a medida que transcurre el tiempo [21] (**Figura 2**). El uso de mascarilla, sin embargo, puede reducir significativamente la probabilidad de infección. Al cabo de seis horas, el riesgo de infección es menos de la mitad en un estudiante con mascarilla quirúrgica que en un estudiante sin mascarilla. La mascarilla de tela también puede reducir el riesgo de infección, aunque en menor grado que la mascarilla quirúrgica. El riesgo de contagio también aumenta en la medida que los espacios son más reducidos y la distancia entre estudiantes es menor. Por ejemplo, en un salón de 25 metros cuadrados con 25 estudiantes, el riesgo es cerca de cuatro veces mayor (**Figura 2**, panel inferior) que en un salón de 100 metros cuadrados con el mismo número de estudiantes (**Figura 2**, panel superior). Por lo tanto, el uso de mascarillas en las aulas, preferiblemente quirúrgicas, el distanciamiento físico entre los alumnos mediante la reducción de aforos y la ventilación dentro de las aulas son medidas que pueden contribuir a reducir el número de partículas del virus en el aire y el riesgo de inhalarlas ante la presencia de una persona infectada. En este sentido, el uso apropiado de mascarillas puede contribuir tanto a disminuir la transmisión a partir de una persona infectada, como a prevenir la infección en una persona sana.

Hay varias experiencias recientes que ilustran la propagación del virus en salones de clases en donde no se usa la mascarilla. Por ejemplo, en un colegio en Estados Unidos se produjeron 26 casos de COVID-19 con la variante Delta entre alumnos sin mascarillas, después de que un maestro no vacunado y con infección asintomática se quitara la mascarilla para dar clases [22]. Aun cuando el maestro solo dictó clases durante dos días, la transmisión continuó entre los alumnos por 20 días de manera silente y la mitad del salón contrajo el virus.

A la luz de la evidencia científica que demuestra el riesgo a infección con la COVID-19 en espacios cerrados semiventilados y la efectividad del uso de mascarillas para reducir ese riesgo, estimamos que **el uso obligatorio**

y apropiado de la mascarilla en los espacios interiores y exteriores de los ambientes escolares (aula, gimnasio, transporte, cafetín, biblioteca, patio del recreo) es una condición necesaria para el regreso a clases. Debido a que las vacunas tienen un porcentaje de eficacia en la prevención del contagio, pero este no es total, el uso de mascarilla debe incluir a maestros, alumnos mayores de dos años [23] y personal de los colegios, estén vacunados o no. Deben, además, **mantenerse las aulas ventiladas, limitar los aforos para garantizar el distanciamiento físico y promoverse las actividades educativas en los espacios abiertos de la escuela.**

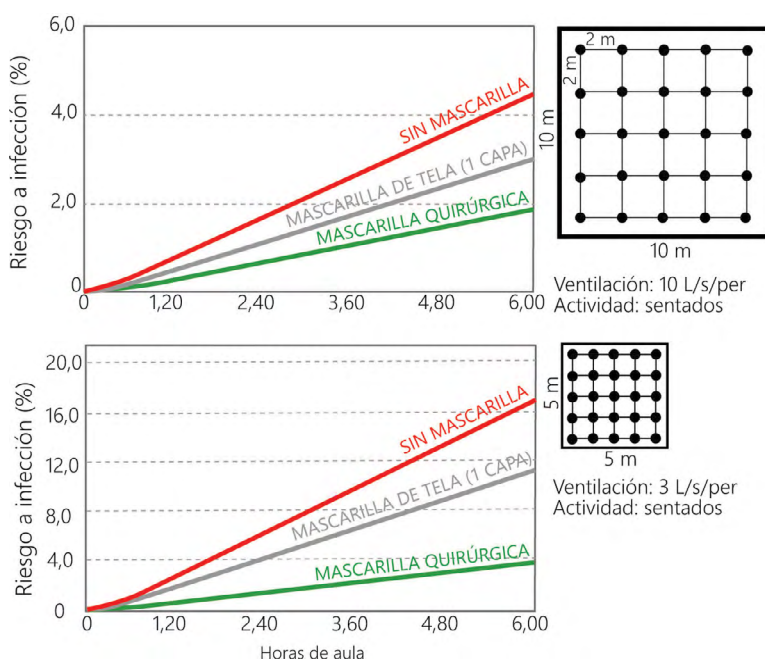


Figura 2. Impacto del uso de mascarilla sobre el riesgo de infección estimado a partir de simulaciones con modelos de evaporación y sedimentación de gotitas emitidas durante las liberaciones respiratorias. Se simularon dos escenarios: 1) 25 estudiantes en un aula de 10 m x 10 m y 2) 25 estudiantes en un aula de 5 m x 5 m.: <https://airborne.com/>

5. Reducción de aforos y esquemas de restricción de actividades

La implementación de confinamientos ha sido una estrategia efectiva para reducir la velocidad de propagación de la COVID-19, particularmente al inicio de la pandemia [24]. Esta estrategia se fundamenta en la reducción temporal de interacciones entre personas para interrumpir cadenas de transmisión. No

obstante, los confinamientos son insostenibles a largo plazo debido al costo asociado a la paralización de la actividad económica, especialmente en los países de menor ingreso [25]. En Venezuela, el esquema de restricción de movilidad y actividades comerciales por una semana cada 15 días implementado nacionalmente ha sido poco efectivo en reducir la transmisión del virus [5], debido a que la mayor parte de la población no puede paralizar su actividad de sustento. No obstante, la asistencia intermitente de grupos de estudiantes a las aulas podría disminuir en alguna medida la propagación de la COVID-19 y, además, podría establecerse en modalidades que permitan reducir los aforos en las aulas.

El posible impacto del inicio a clases presenciales está fundamentado en que el número promedio de interacciones de los estudiantes incrementará sustancialmente en las aulas. Con base en modelos epidemiológicos para poblaciones estructuradas en redes de interacciones [26], exploramos el potencial impacto del regreso a clases en tres escenarios hipotéticos: 1) todos los estudiantes asisten a las aulas simultáneamente todos los días, 2) todos los estudiantes asisten a las aulas simultáneamente en semanas alternas y 3) los estudiantes asisten a las aulas en semanas alternas, pero en grupos desfasados. En este último escenario los planteles permanecen abiertos todas las semanas. Estos tres escenarios no pretenden definir las condiciones del regreso a clase, sino indagar sobre el impacto en el porcentaje de infecciones nuevas, de un aumento en el número de interacciones en la población estudiantil (**Figura 3**, panel superior), de la interrupción intermitente de las interacciones escolares de cada estudiante por siete días cada 15 días (**Figura 3**, panel medio) y del efecto simultáneo de interrumpir intermitentemente las interacciones escolares de cada estudiante y reducir el número de interacciones promedio por estudiante que resulta de dividir a la población estudiantil en dos grupos de similar tamaño (~50 %) que asisten a clases en semanas desfasadas (**Figura 3**, panel inferior).

Los resultados de las simulaciones bajo estos tres escenarios sugieren que la mayor reducción del impacto se observa en el escenario 3 (**Figura 3**, panel inferior), cuando se combinan estrategias de asistencia intermitente de estudiantes a clases con la reducción del aforo del plantel, al desfasar las actividades de los grupos de estudiantes.

En vista de evidencias científicas que sugieren que la interrupción temporal de cadenas de transmisión, acompañadas de una reducción de aforos, puede reducir las tasas de transmisión dentro de la comunidad estudiantil y hacia las familias, recomendamos el **reinicio a clases en grupos desfasados** como medida efectiva para reducir el impacto esperado del inicio de actividades escolares en la propagación de la COVID-19 en la población venezolana, pero

requiere de la **apertura continua de los planteles escolares para recibir todas las semanas a grupos de estudiantes y maximizar el tiempo de escolarización. La división de la población estudiantil deberá ser flexible para responder a las necesidades particulares de cada nivel educativo (preescolar, primaria y bachillerato) y de cada plantel educativo.**

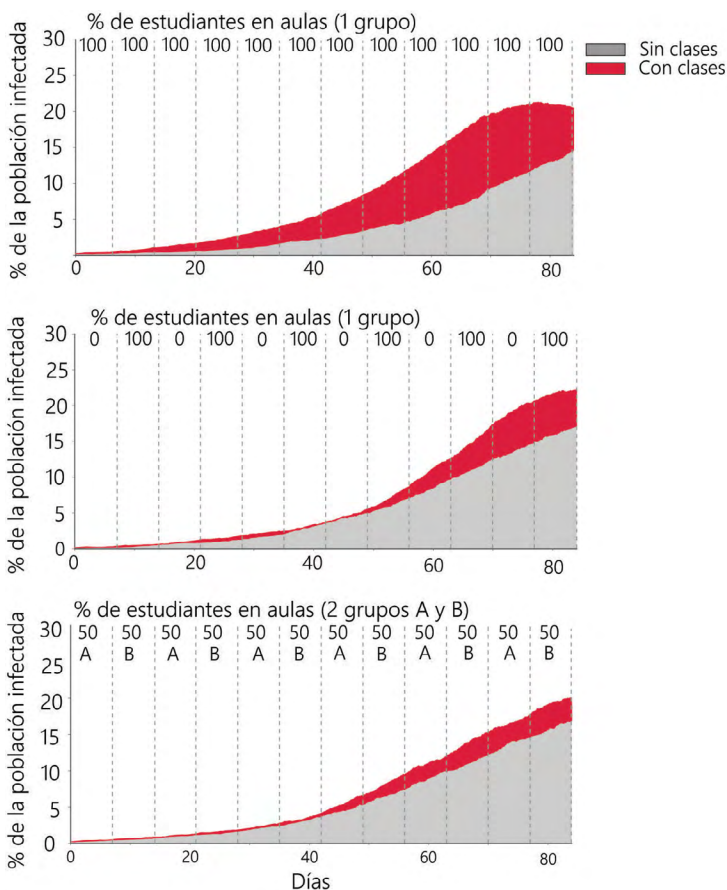


Figura 3. Impacto del regreso a las aulas estimado a partir de modelos epidemiológicos en poblaciones estructuradas en redes de interacciones en tres escenarios hipotéticos: 1) 100 % de los estudiantes en las aulas todos los días, 2) 100 % de los estudiantes en las aulas por una semana cada 15 días y 3) población estudiantil dividida en dos grupos similares que asisten a las aulas en semanas alternadas. El área roja representa la diferencia entre los porcentajes infectados entre el escenario particular y el escenario base (clases sin restricciones) y es proporcional al impacto de la restitución de las actividades estudiantiles durante las primeras 12 semanas en cada escenario. Se asume que $R_0=2,5$; $\lambda=1/5,2$; $\sigma=1/10$. La asistencia a las aulas representa un aumento en el número de interacciones promedio por estudiante de 10 a 30, 80 % de las cuales ocurren entre miembros de la red y el 20 % con personas externas a la red de interacciones. Las líneas punteadas verticales señalan las semanas. La mayor reducción del impacto se observa en el escenario 3. El modelo utilizado está disponible en <https://github.com/ryansmcgee/seirplus/wiki/Network-Generation#FARZ-parameters>

6. Vigilancia epidemiológica y protocolos de suspensión de actividades

La vigilancia continua de infecciones sintomáticas y asintomáticas a través de pruebas diagnósticas frecuentes ha sido la estrategia utilizada en muchos países para garantizar la interrupción temprana de cadenas de transmisión en ambientes escolares y evitar la propagación del virus dentro de la comunidad educativa [27]. Ante las dificultades de asumir el alto costo asociado a la implementación de esta medida por la mayoría de los planteles educativos, es posible **implementar sistemas de monitoreo de infecciones sintomáticas a través de encuestas que permitan detectar y aislar estas infecciones**. Debido a que casi la mitad de las infecciones en niños y jóvenes son asintomáticas [7], la detección y aislamiento de casos sintomáticos no es suficiente para interrumpir totalmente las cadenas de transmisión. No obstante, puede evitar nuevas infecciones.

Las encuestas han formado parte de las estrategias de vigilancia epidemiológica en muchos países [28]. Encuestas diarias sobre el estado de salud de cada alumno y maestro permiten detectar a tiempo casos sintomáticos y tomar decisiones para prevenir a tiempo nuevas infecciones y controlar la propagación de infección dentro de los salones. Estas decisiones pueden variar desde referir al alumno infectado a su casa hasta suspender las actividades del grupo en contacto con el alumno infectado o incluso del plantel completo, dependiendo del número de casos detectados.

Debido a que la infección se produce a través de redes de contactos cercanos, los brotes epidémicos tienden a ser localizados. Aunque es papel del Estado vigilar la transmisión comunitaria de la COVID-19 -especialmente en zonas escolares para evitar que la infección sea llevada de la comunidad al colegio- y decretar medidas acerca de la suspensión de actividades, **es imprescindible que cada plantel educativo tenga la potestad de evaluar localmente el riesgo de que se desarrollen brotes epidémicos locales y actuar en proporción mediante la suspensión parcial o total de las actividades en el plantel**.

7. Conclusiones y recomendaciones

En momentos en que la transmisión de la COVID-19 en Venezuela es alta, recibir a los estudiantes en los planteles educativos acarrea un riesgo epidemiológico alto tanto para la comunidad estudiantil como para sus familias. No obstante, ante el inminente reinicio de las actividades escolares anunciado por las autoridades del Estado, hemos identificado cuatro medidas que, implementadas simultáneamente, pueden reducir el posible impacto.

Estas medidas no son las únicas o las ideales, pero pueden ser implementadas en las condiciones del país y la evidencia científica que las sustenta es robusta.

- 1. Es recomendable que todo el personal docente, administrativo y obrero y los estudiantes elegibles (>18 años en este momento) completen su esquema de vacunación antes del reinicio de las clases en los planteles educativos.**
- 2. El uso obligatorio y apropiado de la mascarilla en los espacios interiores y exteriores de los ambientes escolares (aula, gimnasio, transporte, cafetín, biblioteca, patio del recreo) es una condición necesaria para el regreso a clases.**
- 3. Deben promoverse las actividades educativas en los espacios abiertos de las escuelas, disponer de aulas ventiladas y reducirse los aforos en las aulas para garantizar el distanciamiento físico alternando la asistencia de los estudiantes en grupos desfasados. Los planteles escolares deben recibir todas las semanas a grupos de estudiantes en esquemas flexibles y ajustados a cada plantel para, así, maximizar el tiempo de escolarización.**
- 4. Es imprescindible implementar sistemas de monitoreo de infecciones sintomáticas a través de encuestas que permitan detectar y aislar infecciones. Es necesario que cada plantel educativo tenga la potestad de evaluar localmente el riesgo de que se desarrollen brotes epidémicos locales y actuar en proporción mediante la suspensión parcial o total de las actividades en el plantel.**

La mitigación del impacto de la COVID-19 en la comunidad no solo depende de la implementación de estrategias para reducir la transmisión y evitar el impacto de la enfermedad por parte de la ciudadanía, sino es responsabilidad primordial del Estado. Se debe brindar un mensaje claro, confiable y sincero a la población sobre el riesgo, avanzar cuanto antes con las coberturas de vacunación, aumentar la capacidad diagnóstica para evitar propagación de nuevos brotes y controlar eficientemente la transmisión del virus y mantener la vigilancia genómica a fin de detectar el comportamiento de nuevas o ya existentes variantes en el país. La red de vigilancia debe incluir el monitoreo constante del comportamiento de las hospitalizaciones y ocupación de unidades de cuidado intensivo (UCI). El Estado está en la obligación de fortalecer la infraestructura sanitaria del país a fin de poder compensar el impacto de este virus sobre la mortalidad de la población. Recomendamos la lectura del documento que acompaña al presente: Regreso a clases presenciales. Año lectivo 2021-2022, II. Aspectos Educativos [\[29\]](#).

Referencias

- [1] Estadísticas oficiales: <https://covid19.patria.org.ve/estadisticas-venezuela/>
- [2] Informe Sala de Monitoreo Covid-19 en Venezuela. Período 16 de marzo de 2020-19 de septiembre de 2021. Universidad Católica Andrés Bello.
- [3] Situation Report for COVID-19: Venezuela, 2021-08-25. <https://mrc-ide.github.io/global-lmic-reports/VEN/>
- [4] González, M.J. y Seijas Rodríguez, F. Cobertura completa auto-reportada de vacunación contra Covid-19 en Venezuela: Resultado de encuesta nacional por muestreo (septiembre 2021). Unidad de Políticas Públicas (USB) Instituto Delphos.
- [5] Lampo, M., Hernández-Villena, J.V., Cascante, J., Vincenti-González, M.F., Forero-Peña, D.A., Segovia, M.J., Hampson, K., Castro, J., y Grillet, M.E. Signatures of the Venezuelan Humanitarian Crisis in the First Wave of COVID-19: Fuel Shortages and Border Migration. *Vaccines* **9**, 719 (2021). <https://doi.org/10.3390/vaccines9070719>
- [6] WHO 2021. COVID-19 Weekly Epidemiological Update Edition 58, publicado el 21 septiembre de 2021. <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19---31-august-2021>
- [7] Covid-19. Community Mobility Reports. <https://www.google.com/covid19/mobility>
- [8] Fisman, D.N. and Tuite, A.R. Asymptomatic infection is the pandemic's dark matter. *Proc. Nat. Acad. Sci.* **118** (38), e2114054118 (2021); <https://doi.org/10.1073/pnas.2114054118>
- [9] Stage, H.B., Shingleton, J., Ghosh, S., Scarabel, F., Pellis, L. y Finnie, T. Shut and re-open: the role of schools in the spread of COVID-19 in Europe. *Phil. Trans. R. Soc. B* **376**, 20200277 (2021). <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0277>
- [10] Shen, M., Zu, J., Fairley, C.K., Pagán, J.A., An, L., Du, Z., Guo, Y., Rong, L., Xiao, Y., Zhuang, G., Li, Y. y Zhang, L. Projected COVID-19 epidemic in the United States in the context of the effectiveness of a potential vaccine and implications for social distancing and face mask use. *Vaccines* **39** (16), 2295-2302 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.02.056>
- [11] Irfan, O., Li, J., Tang, K., Wang, Z. y Bhutta, Z.A. 2021. Risk of infection and transmission of SARS-CoV-2 among children and adolescents in households, communities and educational settings: A systematic review and meta-analysis. *J. Glob. Health* **11** (05013), 1-15 (2021). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34326997>

- [12] McGee, R.E., Homburger, J.R., Williams, H.E., Bergstrom, C.T. y Zhou, A. Model-driven mitigation measures for reopening schools during the COVID-19 pandemic. *Proc. Nat. Acad. Sci.* **118** (39), e2108909118 (2021); <https://doi.org/10.1101/2021.01.22.21250282>
- [13] Wong, R.S.Y. COVID-19 vaccines and herd immunity: Perspectives, challenges and prospects. *Malays J. Pathol.* **43**(2), 203-217 (2021).
- [14] Frederiksen, L.S.F., Zhang, Y., Foged, C. y Thakur, A. The Long Road Toward COVID-19 Herd Immunity: Vaccine Platform Technologies and Mass Immunization Strategies. *Front Immunol.* **11**, 1817 (2020). <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.01817>
- [15] Chen, Y.T. The Effect of Vaccination Rates on the Infection of COVID-19 under the Vaccination Rate below the Herd Immunity Threshold. *Int. J. Environ Res. Public Health* **18** (14), 7491 (2021). <https://doi.org/10.3390/ijerph18147491>
- [16] Wang *et al.* Ultrapotent antibodies against diverse and highly transmissible SARS-CoV-2 variants. *Science* **373**, eabd9149 (2021). <https://www.science.org/lookup/doi/10.1126/science.abh1766>
- [17] Sheikh, A., McMenamin, J., Taylor, B. y Robertson, C. SARS-CoV-2 Delta VOC in Scotland: demographics, risk of hospital admission, and vaccine effectiveness. *The Lancet* **397** (10293), 2461-2462 (2021). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01358-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01358-1)
- [18] Lam-Hine, T., McCurdy, S.A., Santora, L., Duncan, L., Corbett-Detig, R., Kapusinszky, B. y Willis M. Outbreak Associated with SARS-CoV-2 B.1.617.2 (Delta) Variant in an Elementary School - Marin County, California, May-June 2021. *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.* **70** (35),1214-1219 (2021). https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/70/wr/mm7035e2.htm?s_cid=mm7035e2_w
- [19] Rosenberg, E.S., Holtgrave, D.R., Dorabawila, V., Conroy, M., Greene, D., Lutterloh, E., Backenson, B., Hoefler, D., Morne, J., Bauer, U. y Zucker, H.A. New COVID-19 Cases and Hospitalizations Among Adults, by Vaccination Status - New York, May 3-July 25, 2021. *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.* **70** (34),1150-1155 (2021). https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/70/wr/mm7034e1.htm?s_cid=mm7034e1_w
- [20] Greenhalgh *et al.* Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. *The Lancet* **397** (10285), 1603-1605. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00869-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00869-2)
- [21] Evaluate Covid-19 risk infection from airborne transmission. <https://airborne.cam/>
- [22] *Op.cit.* [18]

[23] COVID-19 Guidance for Safe Schools.

<https://www.aap.org/en/pages/2019-novel-coronavirus-covid-19-infections/clinical-guidance/covid-19-planning-considerations-return-to-in-person-education-in-schools>

[24] Zhao, H., Feng Zhilan. Staggered release policies for COVID-19 control: Costs and benefits of relaxing restrictions by age and risk. *Mathematical biosciences* **326**: 108405 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2020.108405>

[25] Barnett-Howell, Z., Watson, O.J. y Mobarak, A.M. 2021. The benefits and costs of social distancing in high- and low-income countries. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* **115** (7), 807-819 (2021). <https://doi.org/10.1093/trstmh/traa140>

[26] Extended SEIRS Network model. V.1.09. <https://github.com/ryansmcgee/seirsplus/wiki/Network-Generation#FARZ-parameters>

[27] Panovska-Griffiths J., *et al.* Determining the optimal strategy for reopening schools, the impact of test and trace interventions, and the risk of occurrence of a second COVID-19 epidemic wave in the UK: a modelling study. *The Lancet. Child & Adolescent Health* **4**, 817-827 (2020). [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(20\)30250-9](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(20)30250-9)

[28] Ibrahim, N.K. Epidemiologic surveillance for controlling Covid-19 pandemic: types, challenges and implications. *J. Infect. Pub. Health* **11**, 1630-1638 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.07.019>

[29] Acfiman, Documentos. Regreso a clases presenciales. Año lectivo 2021-2022. II Aspectos Educativos. <http://acfiman.org/publicaciones/obras>

Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales
Palacio de las Academias, Av. Universidad, Apartado de Correo 1421.
Caracas, 1010-A. Venezuela