

Tipo de artículo: Artículo original

## **Red bayesiana para determinar la presencia de Rotavirus según estacionalidad, variabilidad climática y cambio climático**

Bayesian network to determine the presence of Rotavirus according to seasonality, climate variability and climate change

Marisol Chirino Beltrán<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0009-0003-8911-1013>

Elba Cruz Rodríguez<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-1134-6571>

Rocio Amarán González<sup>3</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-2127-9250>

Neilys González Benítez<sup>4\*</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-8691-445X>

<sup>1</sup> Clínica Internacional Siboney, La Habana, Cuba.

<sup>2</sup> Instituto Pedro Kouri (IPK), La Habana, Cuba.

<sup>3</sup> Facultad de Biología, Universidad de La Habana.

<sup>4</sup> Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, (InSTEC), Universidad de la Habana.

\*Autor para la correspondencia. [neilysgonzalezbenitez@gmail.com](mailto:neilysgonzalezbenitez@gmail.com)

---

### **RESUMEN**

El objetivo del estudio fue determinar la relación entre la presencia de rotavirus y factores como la estacionalidad, la variabilidad climática y el cambio climático mediante el uso de redes bayesianas. Para ello, se recopiló información histórica sobre la incidencia de rotavirus en diferentes regiones, así como datos climáticos relevantes, incluyendo temperatura, precipitación y humedad. La metodología empleada



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

consistió en la construcción de un modelo de red bayesiana que integró estas variables, permitiendo analizar sus interacciones y su impacto en la transmisión del virus. Los resultados alcanzados indicaron que la incidencia de rotavirus presentó una clara estacionalidad, con picos durante los meses más cálidos y lluviosos. Además, se observó que la variabilidad climática influía en la frecuencia de los brotes, sugiriendo que cambios en las condiciones climáticas podrían alterar la dinámica de la enfermedad. El modelo también señaló que las proyecciones de cambio climático podrían aumentar la incidencia de rotavirus en ciertas regiones, lo que resalta la necesidad de monitorear estos factores de manera continua. En conclusión, los hallazgos del estudio subrayan la importancia de considerar las interacciones entre el clima y la salud pública en la planificación de estrategias de prevención y control del rotavirus. La aplicación de redes bayesianas no solo permitió una mejor comprensión de estos factores, sino que también proporcionó una herramienta valiosa para anticipar futuros brotes, contribuyendo así a la protección de la salud infantil.

**Palabras clave:** rotavirus; estacionalidad; variabilidad climática; Redes bayesianas; salud pública.

## ABSTRACT

The aim of the study was to determine the relationship between the presence of rotavirus and factors such as seasonality, climate variability and climate change using Bayesian networks. To do so, historical information on the incidence of rotavirus in different regions was collected, as well as relevant climate data, including temperature, precipitation and humidity. The methodology used consisted of building a Bayesian network model that integrated these variables, allowing the analysis of their interactions and their impact on the transmission of the virus. The results obtained indicated that the incidence of rotavirus showed a clear seasonality, with peaks during the warmer and rainier months. In addition, it was observed that climate variability influenced the frequency of outbreaks, suggesting that changes in climate conditions could alter the dynamics of the disease. The model also indicated that climate change projections could increase the incidence of rotavirus in certain regions, highlighting the need to monitor these factors continuously. In conclusion, the findings of the study underline the importance of considering interactions between climate and public health in planning rotavirus prevention and control strategies. The application of Bayesian networks not only allowed a better understanding of these factors, but also provided a valuable tool to anticipate future outbreaks, thus contributing to the protection of children's health.



**Keywords:** rotavirus; seasonality; climate variability; Bayesian networks; public health.

**Recibido:** 05/10/2024

**Aceptado:** 14/12/2024

**En línea:** 01/01/2025

---

## Introducción

La infección por el rotavirus (RoV) es la causa más común de diarrea aguda en todo el mundo, sobre todo en niños menores de cinco años, y el mayor riesgo de experimentar una infección sintomática, es antes de los 24 meses de edad (Patton 1995). El virus puede provocar desde una infección asintomática, hasta una diarrea severa con deshidratación que puede ocasionar la muerte, y acompañarse de vómitos, fiebre, y dolor abdominal (González, Silva, 2020).

Al respecto, Rojas (2022) refiere que la incidencia de la infección por RoV, en Cuba, es similar en países de altos ingresos y países de medio y bajos ingresos, 80% de las muertes suelen ocurrir en los últimos, fundamentalmente por la desnutrición, la poca disponibilidad de recursos y los inadecuados sistemas de atención en salud. Al respecto, se reconoce que la mortalidad por diarreas en general ha experimentado un descenso significativo, debido entre otras causas a medidas como el mejoramiento de la higiene, el abastecimiento de agua, la eliminación de aguas residuales, y la introducción de la vacunación contra el rotavirus (Patel, 2018).

Específicamente en Cuba, en los últimos años, las diarreas no constituyen una causa de mortalidad a ninguna edad, y la incidencia de las atenciones médicas por diarreas ha registrado una tendencia a la disminución, desde 58,3 x 103 en 2011 hasta 9,4 x 103 en 2021 en todas las edades, y desde 666,6 x 103 hasta 125.7 x 103 en los menores de un año, en igual período de tiempo (Fang, 2019). Los estudios realizados en series de casos de niños hospitalizados por cuadros de diarreas han demostrado que el rotavirus es el patógeno etiológico más frecuente a esas edades (Hernández, 2021).



La diarrea es multifactorial, principalmente derivada de inadecuadas condiciones sociales, sanitarias y de higiene, lo que ocasiona la ingesta de alimentos o de agua contaminada. Los principales factores de riesgo están asociados a: medio ambiente y sociales, estilos de vida e higiene, o incluso hereditarios (Khan, 2023). De manera recurrente o cíclica ocurren anomalías climáticas que impactan en diversa forma y grado, los sistemas humanos asentados en un determinado territorio; las fluctuaciones que generan estas anomalías se denominan variabilidad climática. De otra parte, en el largo plazo, de manera paulatina las condiciones climáticas están modificándose debido al denominado cambio climático, que también afectará cada vez de manera más marcada a la población y sus (García, 2020)

Cuba, como país insular tropical tiene mayor riesgo a la variabilidad del clima (períodos prolongados de sequías, aumentos bruscos de temperatura ambiental, lluvias intensas) y sus consecuencias en la salud humana, entre ellos el aumento en la incidencia de las enfermedades diarreicas, una de las primeras causas de hospitalización y gravedad en niños menores de 5 años, y rotavirus como la principal causa de gastroenteritis, enfermedad para la cual no se dispone de una vacuna en el esquema de inmunización infantil.

La presente investigación persigue el propósito de caracterizar la serie histórica de la infección por rotavirus en este grupo de edad y explorar si este comportamiento está relacionado con determinados factores individuales o del ambiente en general. Los resultados contribuirán al mejor conocimiento de estas entidades en Cuba, en ausencia de la prevención conferida por una vacuna; que serviría como una línea base pre vacunación; y tributarán a diseñar intervenciones basadas en determinantes de salud, para mejorar la toma de decisiones basada en evidencias científicas en el cumplimiento de la tarea vida y en el enfoque integral de una sola salud.

En este contexto y para determinar la presencia de Rotavirus según estacionalidad, variabilidad climática y cambio climático se plantean las siguientes preguntas de investigación se estudian las características de la serie de tiempo de las diarreas agudas por rotavirus en los niños menores de cinco años del período 2011-2022 en Cuba, además se prescribe si están relacionadas o no las diarreas agudas por rotavirus con los factores sociodemográficos de los casos o con la variabilidad climática (Smith, 2022).



## Métodos o Metodología Computacional

Para estimar la influencia de la variabilidad climática sobre las diarreas agudas por rotavirus en los niños menores de cinco años, durante el período de estudio de 2011 – 2022, se definieron las siguientes hipótesis:

- Ho: La infección por RoV no está asociada a las condiciones climáticas.
- H1: La infección por RoV está asociada a las condiciones climáticas.

Para el caso de estudio, se tuvo en cuenta una población 3740 niños comprendidos en la edad de 0 hasta los menos de 5 años de nacido. Los datos fueron tratados previamente, a través de un procedimiento de gestión de la información y el conocimiento. Para llevar a cabo este procedimiento propuesto por González (2017), se consideró el año, la edad, sexo, la provincia, el PCR RoV (Positivo y Negativo), el PCR Norovirus (Positivo y Negativo), el PCR Astrovirus (Positivo y Negativo), la Fecha de confirmación, las variables climáticas de Temperatura media, humedad relativa y precipitaciones.

El proceso de inferencia bayesiana, toma la información gestionada para realizar en primer lugar un Análisis Inteligente de los Datos (Nguyen, 2022), es un proceso donde los datos se preprocesaron para eliminar los datos que causen contratiempo en los resultados esperados, en aras de garantizar su disponibilidad, completitud y fidelidad. Dichos datos están relacionados con la información de los pacientes, los resultados de PCR, y las variables climáticas que se relacionan con la presencia o no de los rotavirus (Zhang, 2021).

El preprocesamiento de datos, se ejecuta utilizando la tarea de limpieza de datos, para luego incorporar los datos limpios a una base de datos creada previamente. Esta tarea se realiza de forma automática, utilizando el algoritmo K–Means. El algoritmo K–Means tienen como base la optimización de una función criterio, donde en este estudio, se denomina  $F$ , el valor de esta función depende de las particiones del conjunto de datos  $\{C_1, \dots, C_k\}$ .

$$F: P_k(X) \rightarrow \mathbb{R} \quad (1)$$

### Donde:

$P_k(X)$ , son las particiones del conjunto de datos  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$  en  $K$  grupos no vacíos,  $x_i$  es un vector  $n - dimensional$  (objeto) del conjunto de datos  $X$ .



El algoritmo K-Means converge a un mínimo local, utilizando la función criterio F, de la sumatoria de las distancias  $L2$  entre cada objeto y su centroide más cercano. A este criterio normalmente se le denomina error cuadrático y se obtiene a través de la expresión 2.

$$F(\{C_1, \dots, C_K\}) = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{p_i} \|x_{ij} - \bar{c}_i\|^2 \quad (2)$$

Donde:

$K$  es el número de grupos,  $p_i$  es el número de objetos del grupo  $i$ ,  $x_{ij}$  es el  $j$ -ésimo objeto del  $i$ -ésimo grupo y  $\bar{c}_i$  es el centroide del  $i$ -ésimo grupo el cual es calculado a través de la expresión 3.

$$\bar{c}_i = \frac{1}{p_i} \sum_{j=1}^{p_i} x_{ij}, i = 1, \dots, K \quad (3)$$

El conjunto de pasos lógicos del algoritmo K-Means es el que se presenta a continuación:

- Paso 1. Selecciona los  $K$  centroides iniciales  $\{c_1, \dots, c_k\}$ .
- Paso 2. Asigna los objetos  $x_i$  del conjunto de datos  $X$ , a su centroide más cercano
- Paso 3. Recalcula los nuevos centros, regresa al paso 2, hasta que el algoritmo converge

El algoritmo se inicia seleccionando o calculando los centroides iniciales, dependiendo del criterio de selección de centroides, posteriormente asigna los objetos a su centroide más cercano, para después recalcular los nuevos centroides esto lo realiza hasta que el algoritmo converja (paso 3). Preprocesados los datos y aplicada la técnica de limpieza de datos, los datos faltantes se rellenan, utilizando el método de imputación por media. Método que sustituye los valores faltantes de una variable mediante la media de las unidades observadas en esa variable.

En este estudio se realiza una imputación por media condicional, método que imputa medias condicionadas a valores observados y consiste en agrupar los valores observados y no observados en clases e imputar los valores faltantes por la media de los valores observados en la misma clase. El método de imputación de valores faltantes contribuye a reducir la pérdida de los datos faltantes en la base de datos.

Se realizó una inferencia bayesiana, basada en el Teorema de Bayes. Los recursos para hacer inferencia bayesiana se conocen desde hace más de 200 años. El reverendo Thomas Bayes resolvió cuantitativamente el problema de determinar cuál de varias hipótesis es más probable sobre la base de los datos. Su descubrimiento básico se conoce como el Teorema de Bayes (López, Torres, 2021).



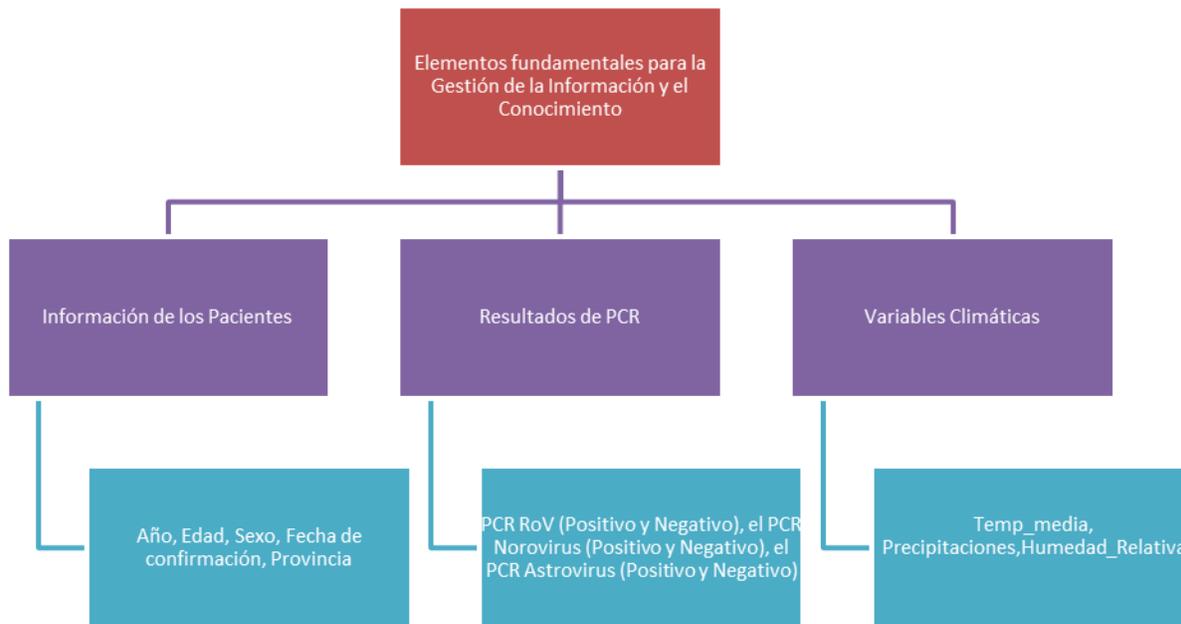
Al respecto para el proceso de inferencia bayesiana se tuvieron en cuenta los datos obtenidos datos limpios, previamente preprocesados, con los cuales se realizó una correlación de Pearson basada en la teoría de Bayes, pero antes se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para comprobar que los datos se ajustan a una distribución Normal (Wang, Li, 2021). Los valores de probabilidad mayores que 0.05 en todos los casos, indican que los datos de las variables se ajustan adecuadamente a la distribución Normal, permitiendo entonces la aplicación de la prueba t de Student para comparar las muestras de cada pareja de variables.

## Resultados y discusión

La estimación de la influencia de la variabilidad climática sobre las diarreas agudas por rotavirus en los niños menores de cinco años, durante el período de estudio de 2011 – 2022 según las hipótesis planteadas, fue analizada y se obtuvo información enriquecida, asociada a los datos necesarios, para estimar la influencia de la variabilidad climática sobre las diarreas agudas por rotavirus en los niños menores de cinco años, durante el período de estudio.

En este estudio la delimitación de los datos y tendiendo en consideración datos climáticos se precisa llevar a cabo una acción que es indispensable en todo procesa-miento de datos estadístico y ello se debe a potenciar la gestión de la información y el conocimiento (seleccionarla, organizarla, socializarla a todos los que la necesiten). La información que se gestionó es amplia y lo que se trató es de lograr una mayor utilización de la misma para apoyar la toma de decisiones. Este procedimiento de gestión de la información y el conocimiento describe los elementos fundamentales a tener en cuenta para dar respuesta a la hipótesis planteada (Fig.-1).





**Fig. 1** – Elementos para la gestión de la información y el conocimiento.

Fuente: Autores, Basado en: González (2017).

### Resultados de la inferencia bayesiana

Para realizar la inferencia bayesiana se trabajó con el resultado de los datos preprocesado previamente, luego de tener los datos se analizaron si los mismos provienen de fuentes confiables y sin incertidumbre para lo cual se realizó un análisis de normalidad de los datos a través del estadístico Shapiro-Wilk (Tabla 1). Los resultados obtenidos demostraron normalidad en los datos.

**Tabla 1** - Análisis de normalidad de las variables según prueba de Shapiro-Wilk.

Indicadores	Prueba de normalidad	
	Estadístico W	p-valor
PCR RoV (Positivo y Negativo)	0,90	0,3952
	0,92	0,5019
PCR Norovirus (Positivo y Negativo)	0,87	0,2805
	0,93	0,6093
PCR Astrovirus (Positivo y Negativo)	0,95	0,6095

Fuente: Autores, Basado en: González (2017).



Después de haber confirmado la normalidad en los datos se realizó una correlación a través del estadístico de Pearson, teniendo en cuenta las variables, Temperatura, Humedad Relativa, Precipitaciones y los PCR\_Rotavirus\_Positivo (Tabla 2).

**Tabla 2 - Correlación de Pearson.**

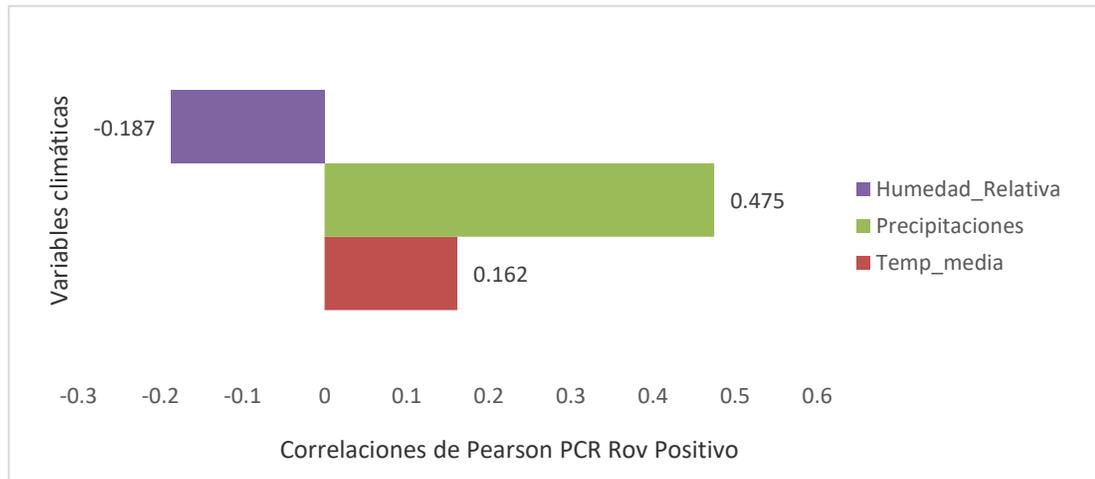
Correlaciones					
		Temp_media	Precipitaciones	Humedad_Relativa	PCR_Rotavirus_Positivo
Temp_media	Correlación de Pearson	1	.591*	-0.197	0.162
	Sig. (bilateral)		0.043	0.539	0.614
	N	12	12	12	12
Precipitaciones	Correlación de Pearson	.591*	1	-0.258	0.475
	Sig. (bilateral)	0.043	0.075	0.418	0.118
	N	12	12	12	12
Humedad_Relativa	Correlación de Pearson	-0.197	-0.258	1	-0.187
	Sig. (bilateral)	0.539	0.418	0.450	0.561
	N	12	12	12	12

Fuente: Autores, Basado en: González (2017).

Los datos revelados en la Tabla 2, demuestra que:

- El resultado de temperatura – RoV (positivo) es de 0.162, este resultado demuestra que la correlación lineal de Pearson es Muy Baja o insignificante, por estar en el intervalo  $0.00 \leq r \leq 0.19$ . En este sentido se confirma la hipótesis Ho: La infección por RoV no está asociada a las condiciones climáticas (de la variable Temperatura). (Fig.-2).
- El resultado de precipitaciones – RoV (positivo) es de 0.475, este resultado demuestra que la correlación lineal de Pearson es Moderada, por estar en el intervalo  $0.40 \leq r \leq 0.69$ . En este sentido se confirma la hipótesis H1: La infección por RoV está asociada a las condiciones climáticas (de la variable precipitaciones).
- El resultado de Humedad Relativa– RoV (positivo) es de -0.187, este resultado demuestra que la correlación lineal de Pearson es Muy Baja o insignificante, inversa negativa ( $-1 \leq r \leq 1$ ). En este sentido se confirma la hipótesis Ho: La infección por RoV no está asociada a las condiciones climáticas (de la variable Humedad Relativa)





**Fig. 2** – Resumen de las correlaciones de Pearson PCR Rov Positivo.

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis H1: La infección por RoV está asociada a las condiciones climáticas. Ello se demuestra al obtener un valor de PCR de RoV = 1.00, que indica una correlación perfecta con la variabilidad climática (Tabla 3).

**Tabla 3** - Correlación de RoV con la variabilidad Climática.

Correlaciones					
		Temp_media	Precipitaciones	Humedad_Relativa	PCR_Rotavirus_Positivo
PCR_Rotavirus_Positivo	Correlación de Pearson	.162	.475	-.187	1
	Sig. (bilateral)	.614	.118	.561	
	N	12	12	12	12

Fuente: Autores. Basado en el software IBM SPSS Statistics 25

Realizadas las correlaciones a través del estadístico de Pearson y para confirmar la hipótesis con mayor grado de certidumbre se accede a las herramientas y técnicas de Inteligencia Artificial esencialmente a la Redes bayesianas como herramientas estadísticas que permiten modelar la incertidumbre y las relaciones entre variables. En el contexto de la presencia de rotavirus, estas redes contribuyen a integrar diversos factores como la estacionalidad, la variabilidad climática y el cambio climático.

Los componentes clave para la construcción de la Red bayesianas son los patrones temporales en la incidencia de rotavirus, que suelen ser más altos en ciertas épocas del año (por ejemplo, durante el periodo seco, donde está implícito el invierno). Asimismo, los cambios en las condiciones climáticas (temperatura,



precipitación) que influyen en la transmisión del virus y las tendencias a largo plazo que alteran los patrones de enfermedades infecciosas (Almeida, 2023).

Refieren los citados autores que las relaciones causales, también, permiten modelar cómo estas variables influyen entre sí, cuando existe aumento en la temperatura se afecta la estacionalidad de la enfermedad, lo que a su vez altera la prevalencia del rotavirus. Después de establecidas las relaciones causales se lleva a cabo la inferencia bayesiana con la que puede actualizar las creencias sobre la presencia de rotavirus a medida que se obtienen nuevos datos.

En este contexto se construye la Red bayesianas (Fig.-3) a través del software Elvira, donde se constató que la hipótesis H1 se cumple, es decir existe probabilidades infección por RoV frente a condiciones climáticas que en su forma general se debe al cambio climático que incluye, para este estudio, Estacionalidad (Periodo Seco y Lluvioso) y Variabilidad Climática (Humedad, Precipitaciones y Temperaturas).

Se evidencia que, la variable periodo poco lluvioso, es más probable para las enfermedades por RoV. Se observa además que, con el Cambio Climático, Estacionalidad y Variabilidad Climática, presente ( $P=1$ ), el periodo poco lluvioso es más probable a la presencia de enfermedades por RoV, la temperatura y la Humedad relativa, son factores de variabilidad climática incidentes en la probabilidad de aparición de enfermedades por RoV, independientemente a que la humedad en la correlación de Pearson, haya experimentado un valor (positivo) es de  $-0.187$ , que demostró correlación lineal Muy Baja o insignificante, inversa negativa ( $-1 \leq r \leq 1$ ).

Los resultados obtenidos corresponden a que en presencia de una alta humedad el sudor tarda más en evaporarse, si se produce un exceso de humedad se puede favorecer la proliferación de mohos y ácaros, lo que incrementa el riesgo de patologías infecciosas y otras enfermedades (Martínez, Ruiz, 2019). En la Figura 3, se destacan líneas en azul que significan escasa correlación, y ello se muestra para el periodo lluvioso (estacionalidad) y precipitaciones (variabilidad climática), como son variables ambientales que influyen muy poco en la presencia de enfermedades por rotavirus, y su influencia (escasa), no obstante, algunos casos presentes ( $=1$ ) se debe a la genotipificación de las proteínas de la cápside externa del rotavirus que es sensible a la presencia de agentes químicos (Chen, 2020).

En el caso de las precipitaciones se estudiaron en base a lluvias ácidas que provocan PH de los suelos con diferentes alternaciones, ello son factores que inciden en este resultado. Al respecto, la OMS (2012) destacó



que, como consecuencia del cambio climático y el aumento de la variabilidad climática con respecto a las precipitaciones, que provoca enfermedades diarreicas agudas, el periodo de lluvia debe ser atendido puntualmente para un adecuado manejo de las aguas y de los residuos sólidos.

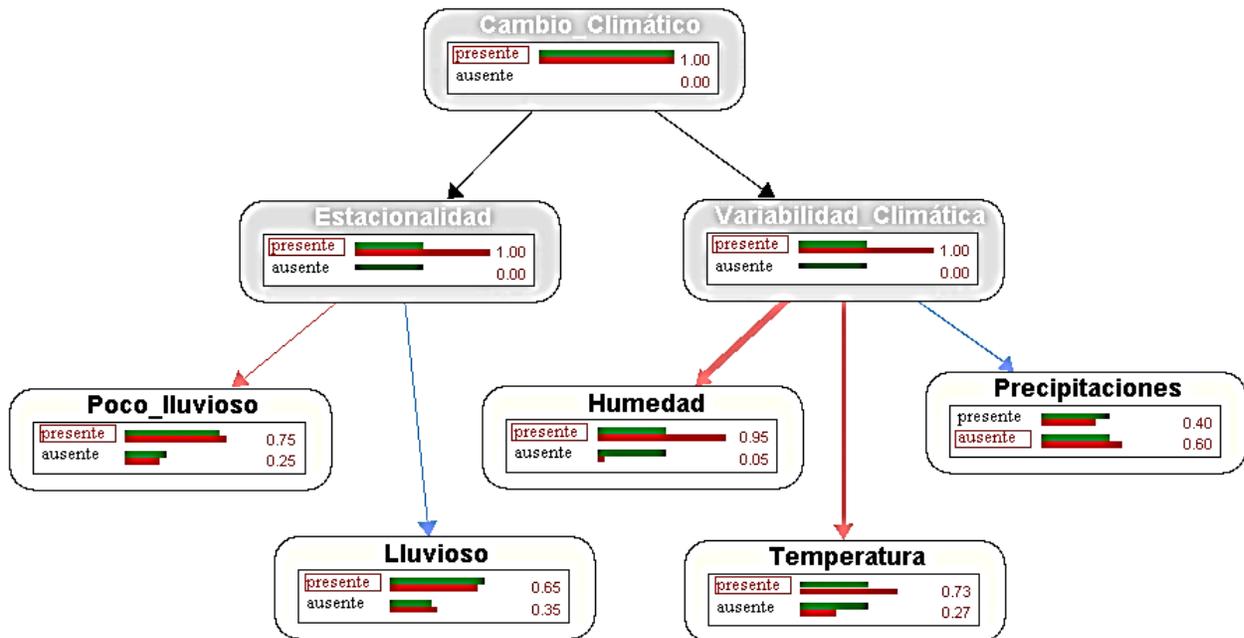


Fig. 3 – Análisis probabilístico para la presencia de Rov

Fuente: Autores. Confeccionado a través del software Elvira

La Red bayesiana, como herramientas de Inteligencia Artificial, en el presente estudio contribuyó abordar la complejidad de la epidemiología del rotavirus, con ella fue posible comprender que los factores climáticos y estacionales influyen en la prevalencia de los RoV. Al respecto, cabe destacar que con los resultados obtenidos a través de la Red bayesiana es posible apoyar la toma de decisiones y la implementación de estrategias de mitigación efectivas.

## Conclusiones

Los rotavirus son una causa importante de gastroenteritis, especialmente en niños pequeños. En cuanto a la relación entre los rotavirus y las variaciones climáticas, se ha observado que existe una influencia significativa.



1. Estacionalidad. Los rotavirus tienden a exhibir un patrón estacional en muchas partes del mundo, con un aumento en la incidencia durante los meses más fríos. Esto se atribuye en parte a que las bajas temperaturas y la menor humedad relativa favorecen la supervivencia y transmisión de los virus en el ambiente.
2. Variabilidad climática: Cambios en los patrones climáticos, como variaciones en la temperatura, la humedad y las precipitaciones, pueden influir en la incidencia de infecciones por rotavirus.
3. Relación con el agua. El agua es un factor clave en la transmisión de los rotavirus, ya que pueden sobrevivir en agua contaminada durante períodos prolongados. Las variaciones climáticas que afectan la disponibilidad y calidad del agua pueden influir en la propagación de la infección por rotavirus.
4. Impacto del cambio climático: Se ha sugerido que los cambios en el clima global pueden tener un impacto en la incidencia y distribución geográfica de los rotavirus. El aumento de las temperaturas globales, los eventos climáticos extremos y otros cambios ambientales pueden modificar los patrones de transmisión de los virus y potencialmente influir en la carga de enfermedad asociada a los rotavirus.

Derivado de lo antes subrayado, se destaca que existen conexiones entre los rotavirus y las variaciones climáticas, especialmente en lo que respecta a la estacionalidad de la infección y la influencia del clima en la transmisión de estos virus. La comprensión de estas interacciones es importante para implementar medidas de prevención y control eficaces de las infecciones por rotavirus, especialmente en poblaciones vulnerables como los niños pequeños.

## Referencias

- Almeida, R. Impact of climate change on rotavirus epidemiology: An analysis using Bayesian networks. *Journal of Climate and Health*, 2023, 1(1), 25-35.
- Chen, L. Bayesian modeling of climate impacts on waterborne diseases: A case study of rotavirus. *Environmental Science & Policy*, 2020, 112, 100-110.



- Fang, Y., Climate variability and its association with rotavirus infections: A review. *Journal of Medical Virology*, 2019, 91(7), 1202-1210.
- García, A. Impact of climate variability on the incidence of rotavirus infections in children: A systematic review.", *Environmental Research*, 2020, 182, 109086.
- González, N. Modelo basado en redes bayesianas para el diagnóstico de la Fasciolosis bovina. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, 2017, La Habana.
- González, R., & SILVA, E. Rotavirus epidemiology in the context of climate change: A Bayesian análisis. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2020, 74(5), 456-462.
- Hernández, J. Assessing the effects of climate variability on rotavirus outbreaks using Bayesian networks, *BMC Public Health*, 2021, 21, 1234.
- Khan, A., Modeling the effects of climate change on rotavirus transmission using Bayesian networks. *Epidemiology and Infection*, 2023, 151, e32.
- López, M., & Torres, J. Bayesian networks for modeling the impact of climate change on infectious diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(4), 2152. [Scopus]
- Martínez, P., & Ruiz, F. The role of environmental factors in the transmission of rotavirus. *Journal of Water and Health*, 2019, 17(3), 400-410.
- Nguyen, T. Climate change and waterborne diseases: A Bayesian perspective. *Global Health Action*, 2022, 15(1), 2058205.
- Patel, M. The impact of seasonal weather patterns on rotavirus prevalence. *Vaccine*, 2018 36(39), 5827-5834.
- Rojas, C., ET AL. Environmental determinants of rotavirus infection: A systematic review. *Tropical Medicine & International Health*, 2022, 27(1), 1-12.
- Smith, R. Climate change and the emergence of rotavirus: A Bayesian approach, *PLOS ONE*, 2022, 17(3), e0264203.
- Wang, X., & LI, J. Bayesian methods in epidemiology: A focus on infectious diseases. *Statistics in Medicine*, 2021, 40(15), 3370-3385.



Zhang, Y. Seasonal patterns of rotavirus in relation to climate factors. *Journal of Infectious Diseases*, 2021, 223(6), 1050-1057.

### **Conflicto de interés**

Los autores autorizan la distribución y uso de su artículo.

### **Contribuciones de los autores**

1. Conceptualización: Marisoly Chirino Beltrán
2. Curación de datos: Neilys González Benítez
3. Análisis formal: Neilys González Benítez
4. Investigación: Rocio Amarán González
5. Metodología: Neilys González Benítez
6. Administración del proyecto: Elba Cruz Rodríguez
7. Recursos: Elba Cruz Rodríguez
8. Software: Neilys González Benítez
9. Supervisión: Marisoly Chirino Beltrán
10. Validación: Marisoly Chirino Beltrán, Elba Cruz Rodríguez, Rocio Amarán González, Neilys González Benítez
11. Visualización: Rocio Amarán González
12. Redacción – borrador original: Marisoly Chirino Beltrán, Elba Cruz Rodríguez, Rocio Amarán González, Neilys González Benítez
13. Redacción – revisión y edición: Marisoly Chirino Beltrán, Elba Cruz Rodríguez, Rocio Amarán González, Neilys González Benítez

### **Financiación**

La investigación no requirió fuente de financiamiento.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)