

DOI: <https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2024-32>

EFECTOS TERATOGÉNICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMO POTENCIADOR DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS EN LAS AMÉRICAS (2000-2024)

Castro De La Cruz, Angelo Gabriel

Universidad Autónoma de Santo Domingo

Bayaguana, República Dominicana

Angelodelacruz701@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9282-7756>

Torres Encarnación, Isabel Johanna

Universidad Autónoma de Santo Domingo

Santo Domingo, República Dominicana

isabeljohannatorresencarnacion@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7724-2712>

RESUMEN

El cambio climático, el aumento de las enfermedades infecciosas y su posible influencia en el desarrollo de anomalías congénitas, representan un desafío para la salud pública en América, destacando la falta de información disponible sobre este tema. Se busca determinar si existe relación entre el desarrollo de malformaciones congénitas y el efecto del cambio climático, en América durante el período 2000-2024. Se utilizó un diseño descriptivo observacional con datos estadísticos de la OPS y OMS. Se seleccionaron 11 países de América por conveniencia. Se emplearon las librerías Pandas, y Scikit-learn de Python 3.9 para calcular el coeficiente de Pearson, la varianza y análisis (ANOVA). Este estudio se realizó durante junio y julio del 2024. Se analizaron estadísticas de muertes en niños menores de 5 años por malformaciones congénitas y temperaturas registradas como indicador del calentamiento global, comparando diferentes años del periodo 2000-2024. Estos se representaron en gráficos. Se halló una fuerte correlación entre el número de muertes por malformaciones congénitas ($R = 0.87$); y los casos de enfermedades infecciosas, el análisis de regresión múltiple indicó una correlación positiva ($R=0.69$). La variabilidad de muertes por malformaciones congénitas está relacionada al aumento de temperatura ($R^2 = 0.48$). El modelo es significativo ($p<0.05$). Cada incremento de estos factores se relaciona con un aumento en la tasa de mortalidad por malformaciones. (Coeficiente = 6012621.61, $p < 0.001$). El cambio climático y aumento de los casos de enfermedades infecciosas están relacionados con el número de muertes por malformaciones congénitas.

Palabras claves: Malformaciones congénitas, cambio climático, enfermedades infecciosas, calentamiento global, defectos de nacimiento.

ABSTRACT

Climate change, the rise in infectious diseases, and their possible influence on the development of congenital malformations pose a public health challenge in America, highlighting the lack of available information on this topic. This study aims to determine if there is a relationship between the development of congenital malformations and the effects of climate change in America during the period 2000-2024. A descriptive observational design was used with statistical data from

PAHO and WHO. Eleven countries in America were conveniently selected. The Python 3.9 libraries Pandas and Scikit-learn were employed to calculate the Pearson coefficient, variance, and analysis (ANOVA). The study was conducted during June and July 2024. Statistics of deaths in children under 5 years old due to congenital malformations and recorded temperatures as an indicator of global warming were analyzed, comparing different years of the period 2000-2024. These were represented in graphs. A strong correlation was found between the number of deaths from congenital malformations ($R = 0.87$) and cases of infectious diseases. The multiple regression analysis indicated a positive correlation ($R = 0.69$). The variability in deaths due to congenital malformations is related to temperature increases ($R^2 = 0.48$). The model is significant ($p < 0.05$). Each increase in these factors is associated with a rise in the mortality rate due to malformations (Coefficient = 6012621.61, $p < 0.001$). Climate change and the rise in cases of infectious diseases are related to the number of deaths due to congenital malformations.

Keywords: Congenital malformations, climate change, infectious diseases, global warming, birth defects.

1. INTRODUCCIÓN

El dramatismo cada vez más agobiante que impone el calentamiento global, las actividades antropogénicas, y un estilo de vida acelerado, han convertido al cambio climático en el mayor desafío para la humanidad del siglo XXI (WHO, 2018).

Añadiendo su efecto potenciador sobre enfermedades infecciosas y sus causantes (Reiter, 2001) buscamos responder si el cambio climático está relacionado al desarrollo de malformaciones congénitas, por la formación de condiciones propicias para el desarrollo de vectores y agentes patógenos, así como su relación con las malformaciones por hipertermia.

Más de un 60% de teratogénias poseen origen desconocido (Brent & Beckman, 1990). Añadiendo el porcentaje de madres infectadas relacionadas a la incidencia de teratogénias (Lliteras & Martínez, 2023). La mayoría de estudios investigan las malformaciones causadas por agentes bioquímicos que corresponden al 1% de casos, lo que nos motiva a indagar sobre ese porcentaje que incluye a las enfermedades infecciosas (que suelen ser un enemigo silencioso pero muy letal).

La carencia de investigaciones que integren estos elementos motiva al desarrollo de un estudio que busque determinar la relación entre el incremento de malformaciones congénitas y las enfermedades infecciosas potenciadas en primera instancia por el cambio climático; y por consiguiente de forma específica: a) Establecer la relación entre el cambio climático y el incremento del desarrollo de enfermedades infecciosas en las Américas en el periodo 2000-2024. b) Identificar propiedades teratogénicas relacionadas a enfermedades infecciosas exacerbadas por el Cambio Climático y c) Observar el efecto de las enfermedades infecciosas en mujeres embarazadas y las consecuencias que representan para el normal desarrollo del feto/embrión.

2. MARCO CONCEPTUAL

El cambio climático representa un desafío crítico del siglo XXI, afectando el medio ambiente y la salud pública (Arbo et al., 2022). Este fenómeno, que incluye alteraciones en los patrones climáticos y el aumento de temperaturas, favorece la propagación de enfermedades infecciosas (OPS, s.f.), lo que afecta la salud humana (Reiter, 2001). Las infecciones, exacerbadas por el cambio climático, están vinculadas al aumento de malformaciones congénitas, especialmente en las Américas. Lliteras & Martínez, (2023) señalan que el 60% de estas malformaciones son de causa desconocida y un 10% se relacionan con infecciones maternas. Estas infecciones pueden tener efectos teratogénicos en el desarrollo fetal (Calzadilla Lara et al., 2022).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este es un estudio descriptivo observacional. Se realizaron pesquisas en bases de datos y plataformas de acceso abierto para recopilar información científica relevante; GHO, WMO, WHO,

OPS, PAHO, PubMed, etc. Además; bases de datos de las anomalías de temperaturas por año en Latinoamérica y el Caribe, muertes en niños menores de 5 años por causa de malformaciones congénitas por año en los países seleccionados (Argentina, Colombia, Costa Rica, Cuba, Guatemala, México, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Uruguay y Venezuela), obtenidas del portal de la WHO. Los países fueron seleccionados por método de muestreo por conveniencia, basado en la disponibilidad de los datos. Este enfoque se eligió para asegurar un análisis confiable, debido a que los países incluidos en el estudio presentaban la mayor cantidad de datos completos en relación con las variables de interés. Las enfermedades seleccionadas por conveniencia fueron: dengue, chikungunya, malaria, rubéola, sarampión, y zika.

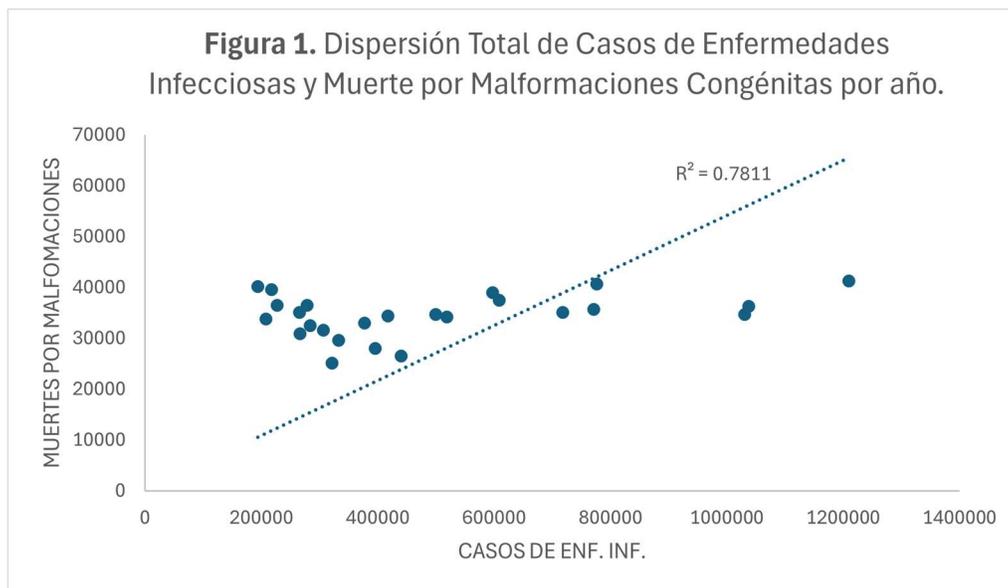
Este se realizó durante los meses de junio y julio del año 2024. Las estadísticas corresponden a las bases ya mencionadas, así como de las anomalías de temperaturas registradas como indicador del calentamiento global del periodo 2000-2024 de las bases NOAA's, Berkeley, ERA5, GISTEMP, HadCRUT5, JRA-55, para poder establecer comparaciones en los diferentes años. Estos se representaron en gráficos de dispersión y tablas.

Con una muestra de 11 países, se utilizaron las librerías Pandas, NumPy, Scikit-learn y Matplotlib de Python 3.9. para realizar los cálculos estadísticos. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, para evaluar la relación entre variables, se realizó el análisis de ANOVA para evaluar la variación entre grupos. Para evaluar la relación entre el desarrollo de malformaciones congénitas e incremento de enfermedades infecciosas, se calcularon medidas de resumen y pruebas analíticas. Se realizó un análisis de regresión múltiple para promediar infecciones por año y país. Las estadísticas cubren el período 2000-2024 e incluyen temperaturas registradas como indicador del calentamiento global.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 1.

Dispersión total de casos de enfermedades infecciosas y muerte por malformaciones congénitas por año.



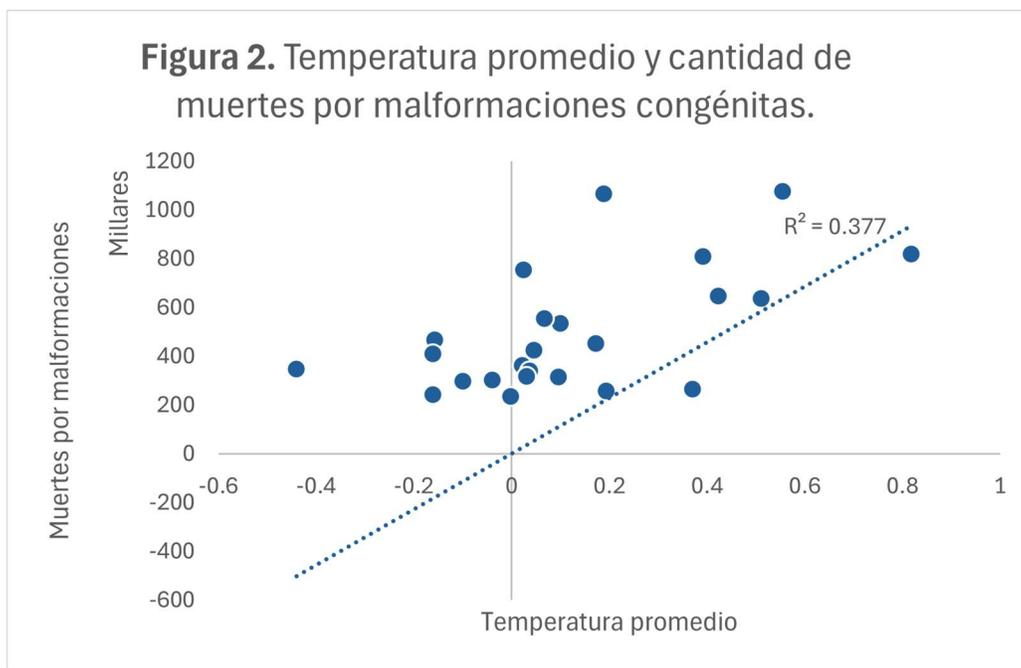
Fuente: Elaboración propia con datos de la OPS.

El análisis de correlación de Pearson (2000-2024) reveló una correlación positiva alta entre el número de enfermedades infecciosas y las muertes por malformaciones congénitas ($R = 0.87$) y $R = 0.51$, respectivamente, y un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.78$). Entre las enfermedades

analizadas, el dengue mostró una fuerza de correlación muy alta ($R = 0.9$), mientras que el sarampión presentó una correlación moderada ($R = 0.5$). El coeficiente de previsión fue de 0.5. De los 11 países, Venezuela, Colombia y México destacan por su carga de enfermedades infecciosas y mortalidad por malformaciones congénitas. Venezuela reporta 3,912,056 contagios y 719,005 fallecimientos; Colombia, 4,364,096 y 1,103,376; y México, 2,493,995 y 3,316,309. La República Dominicana ocupa el cuarto lugar, con 308,754 y 771,383.

Figura 2.

Temperatura Promedio y cantidad de muertes por malformaciones congénitas.



Fuente: *Elaboración propia con datos de la OPS.*

El análisis de regresión múltiple indicó un coeficiente de correlación positiva moderada entre la temperatura promedio y cantidad de muertes por anomalías congénitas ($R = 0.69$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.48$) y el R^2 ajustado de 0.43 indican que el 48% de la variabilidad en la cantidad de muertes por anomalías congénitas puede explicarse por las variaciones en la temperatura promedio. El error estándar del modelo fue de 188873.972, y un valor de $p < 0.05$ indica un nivel de confianza del 95%.

Cada aumento de temperatura promedio se asoció a un incremento de un coeficiente de 601621.6144, lo que sugiere que cada unidad de aumento en la temperatura promedio se asocia con un incremento de 601621.6144 muertes. El análisis de varianza (ANOVA) del modelo mostró un estadístico ($F = 9.67$, $p = 0.00105$). La distribución uniforme de los residuales respalda la validez de este modelo, y la consistencia de las predicciones.

Nuestros hallazgos indican relación directa entre el cambio climático y el aumento de enfermedades infecciosas, así como el impacto significativo en la mortalidad por malformaciones congénitas. Factores ambientales como la hipertermia pueden alterar la función placentaria, provocando defectos fetales graves como anencefalia, espina bífida y aborto espontáneo. Esto resalta el riesgo para mujeres embarazadas expuestas a temperaturas extremas, con enfermedades febriles aumentando hasta 1.8 veces la probabilidad de malformaciones congénitas (Calzadilla Lara et al., 2022), incluyendo así la malaria, chikungunya, entre otras.

Estudios previos sugieren que infecciones como el dengue pueden multiplicar hasta 5.4 veces el riesgo de anomalías congénitas durante el primer trimestre (Paixão et al., 2018).

A pesar de los esfuerzos, la situación persiste, evidenciando la necesidad de más estudios sobre los efectos del cambio climático en la salud, especialmente en enfermedades infecciosas y malformaciones congénitas. La falta de bases de datos completas y actualizadas limita el análisis y la respuesta efectiva. Es esencial contar con registros precisos y transparentes de brotes y malformaciones, para las futuras investigaciones y fortalecer los servicios de salud en América Latina.

5. CONCLUSIONES

El análisis realizado en este estudio revela una relación significativa entre cambio climático y aumento en la tasa de mortalidad por malformaciones congénitas en Latinoamérica y el Caribe entre 2000 y 2024. Los resultados muestran una fuerte correlación entre el incremento en las temperaturas globales y las muertes por malformaciones congénitas. Además, se observó una relación entre enfermedades infecciosas, como el dengue, y las muertes por malformaciones, lo que resalta el papel del cambio climático como un factor exacerbador de estos problemas de salud. El análisis de regresión múltiple mostró una correlación positiva entre las temperaturas elevadas y el incremento en la mortalidad por malformaciones, sugiriendo que las condiciones climáticas extremas influyen negativamente en el desarrollo embrionario, aumentando el riesgo de enfermedades teratogénicas.

Estos hallazgos subrayan la urgencia de mejorar la vigilancia sanitaria e implementar estrategias preventivas que mitiguen el impacto del cambio climático en la salud materno-infantil. Es esencial que los esfuerzos para abordar esta problemática no solo se centren en sus efectos directos, sino también en sus repercusiones indirectas, especialmente en contextos vulnerables, como las mujeres embarazadas en zonas afectadas por fenómenos extremos. Además, se destaca la importancia de mejorar la calidad y disponibilidad de datos para una toma de decisiones más efectiva.

En base a los resultados sería oportuno el fortalecer los sistemas de reporte, desarrollar bases de datos integrales actualizadas, concientizar a las embarazadas sobre riesgos teratogénicos y adaptar políticas públicas conforme a la Agenda 2030 de cada nación.

REFERENCIAS

- Arbo, A., Sanabria, G., & Martínez, C. (2022). Influence of climate change on vector-borne diseases. *Revista Del Instituto de Medicina Tropical*, 17(2), 23–36. <https://doi.org/10.18004/imt/2022.17.2.4>
- Brent, R. L., & Beckman, D. A. (1990). Environmental teratogens. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 66(2), 123–163.
- Calzadilla Lara, S. Y., Uriarte Nápoles, A., Saint Félix, F. M. R., & Melian Savignón, C. (2022). Consideraciones actuales sobre los teratógenos y sus efectos durante el embarazo. *MEDISAN*, 26(2), 381–402. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1029-30192022000200381&lng=es&nrm=iso&tng=es
- Cambio climático y salud—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. (n.d.). Retrieved October 27, 2024, from <https://www.paho.org/es/temas/cambio-climatico-salud>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., ... Thépaut, J. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Kobayashi, S., Ota, Y., Harada, Y., Ebata, A., Moriya, M., Onoda, H., Onogi, K., Kamahori, H., Kobayashi, C., Endo, H., Miyaoka, K., & Takahashi, K. (2015). The jra-55 reanalysis:

- General specifications and basic characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 93(1), 5–48. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2015-001>
- Lenssen, N. J. L., Schmidt, G. A., Hansen, J. E., Menne, M. J., Persin, A., Ruedy, R., & Zyss, D. (2019). Improvements in the gistemp uncertainty model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(12), 6307–6326. <https://doi.org/10.1029/2018JD029522>
- Lliteras, I. B., & Martínez, A. G. (2023). Principales causas de las malformaciones congénitas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 54, 030–036. <https://www.redalyc.org/journal/1812/181276105009/html/>
- Morice, C. P., Kennedy, J. J., Rayner, N. A., Winn, J. P., Hogan, E., Killick, R. E., Dunn, R. J. H., Osborn, T. J., Jones, P. D., & Simpson, I. R. (2021). An updated assessment of near-surface temperature change from 1850: The hadcrut5 data set. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126(3), e2019JD032361. <https://doi.org/10.1029/2019JD032361>
- Paixão, E. S., Teixeira, M. G., Costa, M. D. C. N., Barreto, M. L., & Rodrigues, L. C. (2018). Symptomatic dengue during pregnancy and congenital neurologic malformations. *Emerging Infectious Diseases*, 24(9), 1748–1750. <https://doi.org/10.3201/eid2409.170361>
- Reiter, P. (2001). Climate change and mosquito-borne disease. *Environmental Health Perspectives*, 109(suppl 1), 141–161. <https://doi.org/10.1289/ehp.011109s1141>
- Rohde, R. A., & Hausfather, Z. (2020). The Berkeley earth land/ocean temperature record. *Earth System Science Data*, 12(4), 3469–3479. <https://doi.org/10.5194/essd-12-3469-2020>
- Vose, R. S., Huang, B., Yin, X., Arndt, D., Easterling, D. R., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Sanchez-Lugo, A., & Zhang, H. M. (2021). Implementing full spatial coverage in NOAA's global temperature analysis. *Geophysical Research Letters*, 48(4), e2020GL090873. <https://doi.org/10.1029/2020GL090873>
- World Health Organization. (2018). *COP24 special report: Health and climate change*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/276405>

Los autores del trabajo autorizan a la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología (UNICYT) a publicar este resumen en extenso en las Actas del Congreso IDI-UNICYT 2024 en Acceso Abierto (Open Access) en formato digital (PDF) e integrarlos en diversas plataformas online bajo la licencia CC: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

La Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología y los miembros del Comité Organizador del Congreso IDI-UNICYT 2024 no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en este artículo.