

**IMPACTO DE LA EXPOSICIÓN PROLONGADA A AGENTES NEFROTÓXICOS EN
FUENTES DE AGUA POTABLE SOBRE LA INCIDENCIA DE ENFERMEDAD RENAL
CRÓNICA EN POBLACIONES EXPUESTAS EN COLOMBIA**

ELABORADO POR:

MARIA VALENTINA RAMIREZ ZAMBRANO

DALYS YULIANA HERNANDEZ GARCIA

ANGIE LIZETH OVIEDO SAAVEDRA

DOCENTE:

FABIAN GERARDO DIAZ

UNIVERSIDAD DE EAN

ESPECIALISTA EN AUDITORÍA Y GARANTÍA DE CALIDAD EN SALUD

SEMINARIO DE LA INVESTIGACIÓN

IBAGUÉ TOLIMA

PREGUNTA GENERAL DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo influye la exposición prolongada a agentes nefrotóxicos en fuentes de agua potable en la incidencia de enfermedades renales crónicas en poblaciones expuestas?

OBJETIVO GENERAL

Analizar la relación entre la exposición prolongada a agentes nefrotóxicos en fuentes de agua potable y su incidencia en enfermedades renales en poblaciones expuestas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los principales agentes nefrotóxicos presentes en fuentes de agua potable en la población de estudio.
- Analizar posibles factores de riesgos adicionales que pueden influir en la relación entre la exposición a contaminantes de agua y el desarrollo de enfermedad renal.
- Determinar la prevalencia y las características clínicas de la enfermedad renal en la población expuesta.
- Caracterizar los factores sociodemográficos y ambientales que modulan la relación entre la exposición a contaminantes en el agua potable y la incidencia de enfermedades renales crónicas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se ha observado en los últimos años un aumento en la incidencia de la enfermedad renal crónica, lo cual conlleva una carga importante en nuestro sistema de salud. Es importante resaltar que aunque se han tomado medidas de salud pública a nivel nacional para su prevención, aún existen limitantes en su diagnóstico y más en personas que aparentemente no tienen factores de riesgo conocidos ampliamente como patologías cardiovasculares o sistemáticas como tal. Por lo anterior, Este estudio busca analizar la relación entre la exposición prolongada a agentes nefrotóxicos en fuentes de agua potable y la incidencia de enfermedades renales en sus poblaciones más vulnerables, con el fin de contribuir a la identificación de estrategias de mitigación y regulación que ayuden a reducir estos efectos adversos en la salud renal de las poblaciones afectadas.

JUSTIFICACIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) es un problema de salud pública a nivel mundial no solo por su alta prevalencia a nivel global (9.5%), sino también por el aumento de la misma comparado con el promedio de América Latina (10.5%). (Gregorio, 2024) Además, por la carga a nivel de costos que se tienen que asumir en cada atención médica y la alta mortalidad que se ha presentado en las últimas décadas.

En Colombia, según la CAC (Cuántas de alto costo) para el periodo de 2023 se reportaron 200.182 casos nuevos de ERC con respecto al 2022, siendo un incremento del 74%, donde la región central del país presentó la incidencia más significativa. Dentro de este informe evidencian que el 66% de los casos son de etiología desconocida u otras causas no específicas comparado con el 34% los casos donde su naturaleza es de causa conocida como

por ejemplo enfermedad vascular renal, diabetes, nefropatías obstructivas entre otras.

(COSTO, 2024)

Por lo anterior, aunque es una enfermedad donde inicialmente suele ser asintomática, es importante implementar medidas de prevención primaria como secundarias, y aún más en fortalecer el seguimiento de aquellos pacientes que presentan factores de riesgo como diabetes, hipertensión arterial o antecedentes familiares de patologías renales. De este modo, la detección y el tratamiento temprano evita progresión de la misma, lo que a su vez disminuye los costos que conlleva esta enfermedad, según el Consenso Latinoamericano de nefrología 2024 refieren un promedio de costos respecto a cada terapia, por ejemplo la hemodiálisis con un estimado de USD 15,757, diálisis peritoneal USD 14,717 y para el trasplante renal en el primer año de USD 23,744. Además, en países como Argentina, Chile, Colombia y República Dominicana el financiamiento está siendo cubierto en su totalidad con fondos públicos.

MARCO TEÓRICO

La enfermedad renal crónica (ERC) se define como una anormalidad de la estructura o la función renal en un periodo igual o mayor a 3 meses, se clasifica según su etiología y el porcentaje del daño renal de acuerdo a la tasa de filtrado glomerular (G1 a G5); además, se le agrega una subcategoría por el grado de albuminuria (A1, A2, A3) (BRENDA, 2021)

La ERC puede presentarse de muchas maneras diferentes, y los síntomas varían según la etapa de la enfermedad. A menudo, en las primeras etapas, la ERC no produce síntomas, lo que dificulta su detección temprana. A medida que la enfermedad avanza, pueden aparecer alteraciones electrolíticas, manifestaciones cardiovasculares, alteraciones gastrointestinales,

hematológicas, dermatológicas y hormonales (FERNÁNDEZ, s.f.), además de síntomas como disuria aséptica, nicturia, calambres y/o debilidad muscular (Morales, 2021)

Dentro de las etiologías más comunes se encuentra la diabetes, hipertensión, a parte existen otras posibles causas, como lo son glomerulonefritis, trastornos hereditarios y congénitos como la enfermedad renal poliquística (ERP), enfermedades autoinmunitarias como el lupus eritematoso sistémico (lupus), Agentes nefrotóxicos, Nefropatía asociada al VIH y la obstrucción urinaria o bloqueo urinario (Enfermedad renal crónica (ERC), 2012). Sin embargo, la etiología muchas veces no se puede clasificar o se puede agrupar en un grupo denominado nefropatía mesoamericana (NM) también conocida como ERC de causa no tradicional (ERCnT) la cual puede ser desarrollada por la exposición de contaminantes en el agua las cuales pueden contener sustancias altamente nefrotóxicas (2023). Cabe la pena resaltar que la NM ha sido reportada principalmente en países como Costa Rica, México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, sin embargo, recientemente se ha denominado nefritis intersticial crónica de comunidades agrícolas. Pero dado las características de la misma, se ha realizado una investigación en el 2020 a cargo de la Asociación colombiana de nefrología (Asocolnef) y el Grupo de Nefrología de Unisimón dada la alta carga de esta patología en pacientes de 30 a 40 años, con bajos recursos, sin controles médicos previos, sin factores de riesgo y al consultar a los servicios médicos se encuentran en estadios avanzados de ERC o con urgencias dialítica. (Bonfanti, 2020) (GONZALEZ-TORRES, 2024)

Si bien, esta patología está asociada a la exposición de agentes nefrotóxicos, se han identificado otros predictores dados por el trabajo prolongado, la edad, consumo insuficiente de líquidos, desempeño de trabajo físicamente doloroso que da como resultado la dependencia excesiva de antiinflamatorios no esteroideos, altas temperaturas, además se ha evidenciado

una relación en la población joven masculina probablemente relacionado por la ocupación laboral que desempeñan. (Morales, 2021)

Para su detección se aconseja realizar pruebas a las personas con riesgo de padecerla, donde en primera línea se solicita utilizando tanto la medición de la albúmina en orina, como la evaluación de la tasa de filtración glomerular (TFG). Y en casos de detección incidental, incluida la hematuria, se aconseja repetir las pruebas para confirmar la presencia de ERC. (Enfermedad renal crónica (ERC), 2012) De igual manera, ante la sospecha de NM debe ser tratada por el servicio de nefrología, donde se planteará la necesidad de estudios complementarios como la biopsia renal.

La incidencia y la prevalencia de la insuficiencia renal crónica han tenido un incremento constante en las últimas tres décadas, lo cual representa un problema creciente de salud pública; la identificación de factores de riesgo asociados a ella es esencial con la finalidad de prevenir el desarrollo y el crecimiento de este problema.

El estudio de los efectos tóxicos de metales pesados en el ser humano ha cobrado particular importancia en los últimos 50 años debido a que grandes cantidades de estos productos fueron desechados como parte de la actividad industrial, no son biodegradables y persisten en el medio ambiente durante largos períodos de tiempo; por este motivo, a pesar de que las estrictas medidas de control establecidas principalmente en Europa y Norteamérica disminuyeron el desecho de estos metales, niveles elevados de estos compuestos aún persisten en suelos y sedimento con la consecuente exposición crónica por parte de la población. Dentro de estos metales como silicio, cadmio, plomo, arsénico y mercurio, aunque también factores como exposición a fumigación, glifosatos, deshidratación, rabdomiolisis entre otras. (Higuera, 2023) La exposición al cadmio, plomo y, en menor medida, al mercurio

constituyen una preocupación particular, ya que muchos estudios epidemiológicos han mostrado una fuerte asociación entre la exposición a estos metales pesados, los marcadores de daño renal y la progresión de la ERC. La exposición al arsénico sigue siendo un importante problema de salud pública, ya que millones de personas están expuestas a fuentes de agua con niveles por encima del límite..

El mecanismo fisiopatológico del efecto de los metales tóxicos sobre el organismo, inicia a partir del momento en el ingresa al cuerpo ya sea inhalado o ingerido, no obstante, se requiere un promedio de 14 días de exposición prolongado a este metal para poder ser transportado al torrente sanguíneo por los eritrocitos y la albúmina, donde posteriormente se une a una metalotioneína o glutatión y allí ser filtrado en el glomérulo y absorbido en las células del túbulo proximal como un mecanismo de desintoxicación, no obstante, no se logra con la eliminación completa de este por lo que provoca una producción excesiva de especies reactivas de oxígeno (ROS) en el riñón y el hígado, lo que favorece la oxidación de macromoléculas y altera la integridad de la membrana mitocondrial, lo que conduce a apoptosis. Mecanismo semejante es el observado a los agentes agroquímicos y plaguicidas. (CLAUDIA, 2024)

METODOLOGÍA

Este estudio se desarrollará bajo el enfoque de una revisión sistemática de la literatura científica, con el objetivo de analizar la relación entre la exposición prolongada a agentes nefrotóxicos presentes en fuentes de agua potable y la incidencia de enfermedades renales crónicas en poblaciones expuestas en Colombia La revisión se estructurará siguiendo las

recomendaciones de la guía PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

Diseño del estudio

Se trata de una revisión sistemática de estudios observacionales y revisiones previas, que exploren la asociación entre contaminantes del agua de consumo humano (como metales pesados, pesticidas u otros compuestos nefrotóxicos) y la enfermedad renal crónica (ERC).

Criterios de inclusión

- Estudios publicados entre los años 2020 y 2025.
- Estudios realizados en español e inglés.
- Investigaciones con población humana.
- Estudios observacionales (cohortes, casos y controles, estudios transversales), revisiones sistemáticas y metaanálisis.
- Estudios que evalúen la exposición a agentes nefrotóxicos en agua potable y su relación con la enfermedad renal crónica.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se realizará una búsqueda sistemática en las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO, LILACS y Google Scholar, incluyendo también literatura gris relevante.

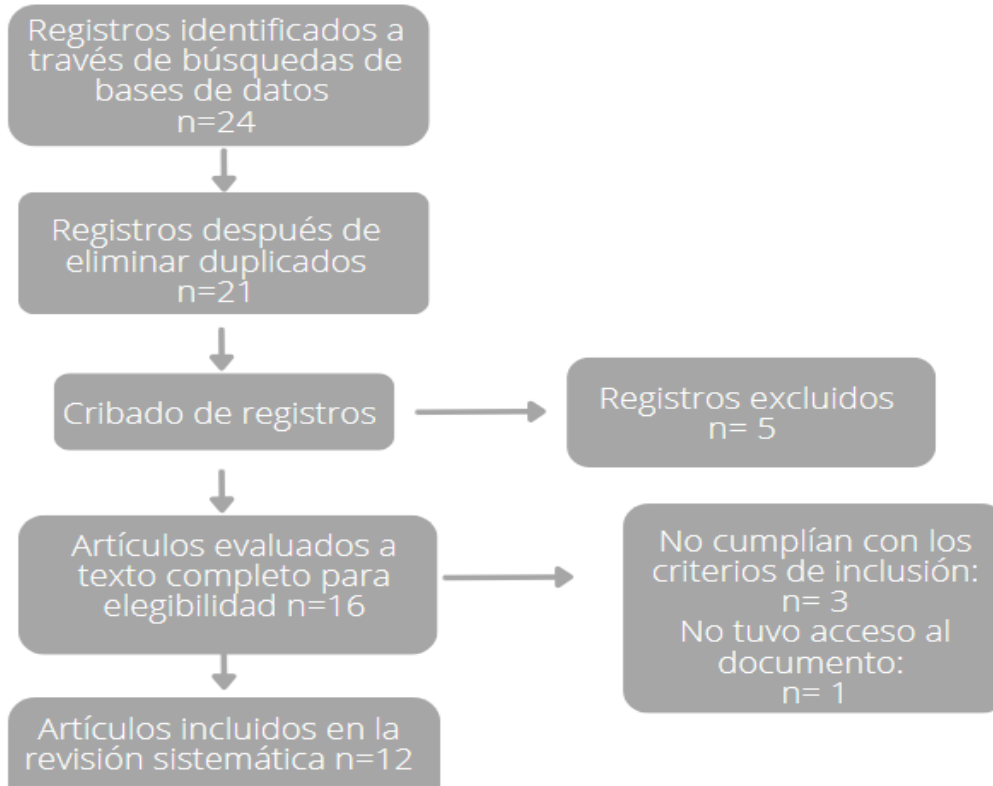


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA: Proceso de selección de estudios incluidos en la revisión sistemática.

DISCUSIÓN

De acuerdo con lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 del mismo año, las autoridades sanitarias territoriales están en la obligación de garantizar la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, a través del Sistema de Información y Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP). Sin embargo, al evaluar el informe correspondiente al mes de diciembre de 2024, se evidencian serias deficiencias en el cumplimiento de esta normatividad, lo que se refleja en la tabla 1. Además, se identificaron niveles de riesgo sanitario inviable en zonas rurales de departamentos como La Guajira, Tolima, Nariño y Meta, datos que son preocupantes para la salud pública colombiana. (SALUD, DICIEMBRE 2024)

Tabla 1. Cumplimiento del reporte de calidad del agua por departamento (SIVICAP, diciembre 2024):

DEPARTAMENTO	MUNICIPIOS QUE REPORTARON (DIC 2024)	PORCENTAJE DE REPORTE
Tolima	26 de 47	55%
Vichada	0 de 4	0%

Vaupés	0 de 2	0%
Putumayo	0 de 13	0%

Esta situación revela fallas críticas en la implementación de las políticas de vigilancia, lo cual agrava la exposición de la población a contaminantes no monitoreados. A pesar de que el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) permite una aproximación diagnóstica al riesgo, este no contempla sustancias como metales pesados, plaguicidas y otros compuestos tóxicos. Esta limitación implica una peligrosa subestimación del riesgo real que enfrentan muchas comunidades, especialmente las más vulnerables.

La presente investigación ha explorado la compleja relación entre la exposición a agentes nefrotóxicos en fuentes de agua potable y la creciente incidencia de enfermedad renal crónica (ERC) en poblaciones expuestas en Colombia. Los hallazgos sugieren que, si bien la etiología de la ERC es multifactorial, la contaminación del agua con sustancias como metales pesados (plomo, cadmio, arsénico), pesticidas, subproductos de desinfección y cianotoxinas representa un factor de riesgo ambiental significativo que ha sido subestimado en el contexto nacional.

La exposición crónica a bajas dosis de estos contaminantes no suele generar toxicidad aguda evidente, pero induce a largo plazo procesos como el estrés oxidativo, la inflamación crónica y el daño celular progresivo en el tejido renal. Estos mecanismos pueden derivar en una

disfunción renal lenta e irreversible. Esto resulta especialmente preocupante en regiones de Colombia donde la calidad del agua potable es desigual y muchas comunidades, en particular rurales y periurbanas, dependen de fuentes hídricas que no siempre cumplen con los estándares de potabilidad, ni están sujetas a monitoreo constante.

La presencia de actividades mineras ilegales, el uso extensivo e indiscriminado de agroquímicos, y la descarga de residuos industriales sin tratamiento previo, son factores que agravan la vulnerabilidad ambiental. Estos agentes contaminantes se infiltran en las fuentes de agua que abastecen a comunidades enteras, sin que existan mecanismos eficaces de control ni respuesta institucional oportuna.

De acuerdo con los datos analizados, se observan deficiencias importantes en los sistemas de vigilancia sanitaria del país. Instrumentos como el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), aunque estandarizados, no incluyen contaminantes críticos como metales pesados o plaguicidas, lo cual deja una parte significativa del riesgo sin evaluar. Esto plantea una limitación técnica que compromete la comprensión real del impacto de la calidad del agua en la salud renal de la población.

Nuestros resultados, en concordancia con la literatura internacional, subrayan que la susceptibilidad individual a los agentes nefrotóxicos también está condicionada por factores genéticos, nutricionales y la presencia de comorbilidades como la hipertensión arterial y la diabetes mellitus. En Colombia, donde estas enfermedades presentan una alta prevalencia, la

exposición a contaminantes en el agua puede actuar como un "segundo golpe", acelerando la progresión de la ERC en personas ya en situación de riesgo.

Un desafío fundamental en la investigación de esta problemática radica en la fragmentación de los datos disponibles y la escasez de estudios longitudinales robustos que permitan establecer asociaciones causales claras y cuantificar el impacto de contaminantes específicos sobre la ERC a nivel poblacional. La heterogeneidad geográfica, la diversidad de fuentes de contaminación y las limitaciones técnicas de muchos laboratorios regionales dificultan una evaluación exhaustiva del riesgo real al que están expuestas las comunidades.

Frente a este panorama, se hace evidente la necesidad de fortalecer las políticas públicas relacionadas con el agua potable y la salud ambiental. Es fundamental modernizar la infraestructura de acueducto y saneamiento, aplicar con rigurosidad las normativas ambientales vigentes, promover prácticas agrícolas sostenibles y controlar de forma efectiva las descargas industriales. La participación comunitaria y la educación sobre el consumo seguro del agua también constituyen herramientas clave para mitigar los riesgos a corto y largo plazo.

Riesgo Sin Intervención Directa (Riesgo mínimo o Sin Riesgo)

Justificación:

- El trabajo es una revisión sistemática rápida basada en análisis de literatura científica.

- No hubo manipulación de personas, ni toma de muestras, ni intervención directa sobre sujetos humanos.

- Solo se trabajó con información secundaria ya publicada.

Por tanto, según el artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993, este tipo de investigación se clasifica como:

Investigación sin riesgo: Aquella en la que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos.

CONCLUSIONES

1. La enfermedad renal crónica (ERC) tiene una etiología multifactorial donde, además de causas clásicas como la diabetes e hipertensión, la exposición prolongada a agentes nefrotóxicos en el agua potable —como metales pesados (plomo, cadmio, arsénico), pesticidas y otros contaminantes— representa un riesgo emergente. Estos contaminantes, presentes en muchas zonas de Colombia, pueden desencadenar procesos de daño renal progresivo a través de mecanismos de estrés oxidativo, inflamación y apoptosis celular, afectando especialmente a poblaciones vulnerables y jóvenes sin factores de riesgo previos.

2. □ El uso de la revisión sistemática rápida bajo la metodología PRISMA 2020 permitió sintetizar la evidencia disponible sobre el tema. Sin embargo, el medio tuvo limitaciones importantes: la escasez de estudios longitudinales robustos en Colombia, la fragmentación de los datos, la falta de monitoreo sistemático de ciertos contaminantes (como metales pesados y

pesticidas) en el país, y limitaciones técnicas de algunos laboratorios, dificultaron una evaluación completamente representativa y precisa del impacto real de los agentes nefrotóxicos.

3. □ Los resultados muestran deficiencias graves en el sistema nacional de vigilancia de la calidad del agua (SIVICAP), con bajos porcentajes de reporte y monitoreo, especialmente en departamentos como Tolima, Vaupés, Vichada y Putumayo. Esto expone a muchas comunidades a un riesgo sanitario elevado por la falta de control sobre contaminantes críticos no contemplados actualmente en el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA). Así, se evidencia un subregistro importante del riesgo real que enfrentan estas poblaciones.

4. □ Se esperaba confirmar la relación entre la exposición a contaminantes y el aumento de la ERC, lo cual fue respaldado por los hallazgos. Sin embargo, se identificó que el problema es aún más complejo de lo inicialmente anticipado, debido a factores adicionales como la falta de políticas públicas efectivas, debilidad institucional, y carencia de vigilancia integral de la calidad del agua.

5. Aunque se comprobó que la exposición a contaminantes en el agua potable aumenta el riesgo de enfermedad renal crónica, los hallazgos mostraron que el problema es más grave de lo esperado. Además de la contaminación, existe un gran vacío en el control, la vigilancia y la respuesta de las autoridades, lo que deja a muchas comunidades expuestas sin una protección efectiva.

6. A futuro, se espera que Colombia avance hacia un sistema de vigilancia ambiental más robusto, que integre el monitoreo sistemático de contaminantes emergentes en fuentes de agua potable, incluyendo metales pesados y pesticidas. Además, es crucial fomentar investigaciones longitudinales nacionales que permitan establecer con mayor claridad la carga real de enfermedad renal asociada a la exposición ambiental, considerando también factores genéticos, ocupacionales y sociodemográficos que modulan el riesgo en cada región, Se recomienda al Estado fortalecer la regulación ambiental, implementar sistemas de monitoreo integral de la calidad del agua, y promover campañas de educación comunitaria sobre el consumo seguro de agua. Así mismo, se sugiere establecer programas de tamizaje temprano de función renal en poblaciones de alto riesgo, con el fin de detectar precozmente casos de enfermedad renal crónica y evitar su progresión.

PRESUPUESTO

La presente investigación se desarrolló por un equipo conformado por tres investigadores, quienes asumirán las distintas fases de la revisión sistemática: formulación de la pregunta de investigación, diseño del protocolo, búsqueda y selección de artículos científicos, extracción y análisis de datos, redacción del manuscrito final y gestión del proceso de publicación. Para ello, se estima una dedicación de 86 horas por persona (258 horas en total), distribuidas en actividades como búsqueda bibliográfica, análisis de estudios, redacción de resultados y reuniones de coordinación. Se propone una tarifa simbólica de \$25.000 COP por hora, lo que representa un subtotal de \$6.450.000 COP por concepto de honorarios del equipo investigador.

En cuanto a los recursos técnicos, se cuenta con tres dispositivos electrónicos de aproximadamente 8.000.000 COP y red wifi 300.000 COP mensual para un total de 4 meses 1.200.000 COP.

Referencias

SALUD, I. N. (DICIEMBRE 2024). *BOLETIN DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO.*

- Bonfanti, G. A.-A. (12 de 05 de 2020). *Buscan los primeros casos de nefropatía mesoamericana en Colombia*. Obtenido de <https://iraka.unisimon.edu.co/buscan-los-primeros-casos-de-nefropatia-mesoamericana-en-colombia/>
- BRENDA, J. S. (18 de 08 de 2021). *La enfermedad renal crónica. Revisión de la literatura y experiencia local en una ciudad de Ecuador*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2500-50062021000300301
- CLAUDIA, N. Y. (02 de 2024). *Mecanismo de nefrotoxicidad inducida por cadmio*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300483X24000076?via%3Dihub>
- COSTO, F. C. (08 de 2024). *situacion de la enfermedad renal cronica en colombia 2023*. Obtenido de [situacion de la enfermedad renal cronica en colombia 2023: https://cuentadealtocosto.org/wp-content/uploads/2024/12/situacion-de-la-enfermedad-renal-cronica-la-hipertension-arterial-y-la-diabetes-mellitus-en-colombia-2023-1.pdf](https://cuentadealtocosto.org/wp-content/uploads/2024/12/situacion-de-la-enfermedad-renal-cronica-la-hipertension-arterial-y-la-diabetes-mellitus-en-colombia-2023-1.pdf)
- Enfermedad renal crónica (ERC)*. (15 de 08 de 2022). Obtenido de https://unckidneycenter.org/wp-content/uploads/sites/413/2017/10/ckd_causes_esp.pdf
- Enfermedad renal crónica de causas no tradicionales*. (12 de 2023). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9257806.pdf>
- FERNÁNDEZ, D. N. (s.f.). *Insuficiencia renal crónica*. Obtenido de [Insuficiencia renal crónica: https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/insuficiencia-renal-cronica](https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/insuficiencia-renal-cronica)
- GONZALEZ-TORRES, G. A.-C.-H. (2024). *PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO PARA DETECCIÓN DE NEFROPATÍA AMBIENTAL EN EL CARIBE COLOMBIANO EN EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO*. Obtenido de <https://bonga.unisimon.edu.co/server/api/core/bitstreams/f16ee560-df21-4e5a-9474-38882ba6c63f/content>
- Gregorio. (2024). *NEFROLOGIA LATINOAMERICANA*. Obtenido de https://www.nefrologialatinoamericana.com/portadas/nefro_24_21_supl-2.pdf
- Higueta, J. F.-C.-D.-M.-L. (03 de 02 de 2023). *Enfermedad renal crónica de las comunidades agrícolas, una revisión de la literatura*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-07932022000200131
- Morales, F. d. (10 de 2021). *NEFROPATÍA MESOAMERICANA*. Obtenido de http://www.biblioteca.usac.edu.gt/monografias/05/05_0068.pdf