

ANDREA LOPEZ ESTEBAN

“Prevalencia de Sobrecarga de Hierro en Pacientes con
Enfermedad Renal Crónica en HGR No.2 Durante el Año 2024”

2025



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

TÍTULO

“Prevalencia de Sobrecarga de Hierro en Pacientes con
Enfermedad Renal Crónica en HGR No.2 durante el Año 2024”.

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de

ESPECIALIDAD EN MEDICINA INTERNA

Presenta:

ANDREA LÓPEZ ESTEBAN

Dirigido por:

Dr. Martín Reyna Ramírez

Querétaro, Qro. a 17 de noviembre de 2025

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina

**“Prevalencia de Sobrecarga de Hierro en Pacientes con
Enfermedad Renal Crónica en HGR No.2 durante el Año 2024”**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de

MEDICINA INTERNA

Presenta:

ANDREA LÓPEZ ESTEBAN

Dirigido por:

DR. MARTÍN REYNA RAMÍREZ

Med. Esp. Martín Reyna Ramírez
Presidente

Med. Esp. Raúl Melo Acevedo
Secretario

Med. Esp. Dayana Stephanie De Castro García
Vocal

Med. Esp. Samir González Sotelo
Suplente

Dra. Sandra Margarita Hidalgo Martínez
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Fecha de aprobación por el Consejo Universitario (octubre 2025).
México.

Resumen

Introducción: La enfermedad renal crónica (ERC) es un problema de salud pública con alta prevalencia a nivel mundial, asociada a complicaciones cardiovasculares, metabólicas y hematológicas. Entre estas, la anemia representa una de las más frecuentes, cuyo manejo requiere suplementación con hierro y, en algunos casos, transfusiones sanguíneas. Sin embargo, el uso prolongado de hierro puede conllevar a sobrecarga férrica, condición que incrementa el riesgo de daño orgánico y morbimortalidad en estos pacientes.

Objetivo: Determinar la prevalencia de sobrecarga de hierro en pacientes con enfermedad renal crónica que acuden al servicio de nefrología del Hospital General Regional No. 2 del IMSS durante el año 2024.

Material y métodos: Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal en pacientes adultos con ERC en seguimiento en el servicio de nefrología. Se incluyó 150 pacientes seleccionados por muestreo no probabilístico. Se registró variables sociodemográficas, clínicas y de laboratorio (hierro sérico, ferritina y transferrina). Se aplicó estadística descriptiva y pruebas de asociación para identificar factores relacionados con la sobrecarga de hierro. El análisis se realizó con el software SPSS, considerando un valor de $p < 0.05$ como significativo.

Consideraciones éticas: El protocolo fue aprobado por el comité local de investigación y ética. Se respetaron los principios de la Declaración de Helsinki, garantizando consentimiento informado, confidencialidad y anonimato de los participantes.

Resultados: Se incluyeron 150 pacientes con una edad media de 59.8 años (DE 15.2); 51.3% fueron hombres y 48.7% mujeres. Todos presentaron al menos una comorbilidad, siendo hipertensión arterial sistémica y diabetes mellitus tipo 2 las más frecuentes. La mayoría de los pacientes se encontraba en estadios avanzados de ERC (KDIGO 4–5, 87.9%). La prevalencia de sobrecarga de hierro fue de 31.3%, más frecuente en pacientes de mayor edad, con mayor tiempo de evolución de la enfermedad y en estadios KDIGO 5. Se identificó asociación significativa entre sobrecarga y comorbilidades, pero no con el uso de suplementos de hierro.

Conclusiones: La sobrecarga de hierro es una complicación prevalente en pacientes con ERC, especialmente en estadios avanzados y en presencia de comorbilidades. Estos hallazgos resaltan la necesidad de vigilancia sistemática de los parámetros de hierro para prevenir complicaciones y optimizar el tratamiento de la anemia en esta población.

Palabras clave: Enfermedad renal crónica; Sobrecarga de hierro; Ferritina; Hierro sérico; Transfusiones.

Summary

Introduction: Chronic kidney disease (CKD) is a global public health problem associated with cardiovascular, metabolic, and hematological complications. Among them, anemia is one of the most frequent, often requiring iron supplementation and, in some cases, blood transfusions. However, prolonged iron use may lead to iron overload, a condition that increases the risk of organ damage and morbidity in these patients.

Objective: To determine the prevalence of iron overload in patients with chronic kidney disease attending the nephrology service of the Regional General Hospital No. 2 of the IMSS during 2024.

Material and methods: A cross-sectional, observational and descriptive study was conducted in adult patients with CKD under follow-up in the nephrology service. A total of 150 patients were included through non-probabilistic sampling. Sociodemographic, clinical and laboratory variables (serum iron, ferritin and transferrin) were collected. Descriptive statistics and association tests were applied to identify factors related to iron overload. Data were analyzed using SPSS software, with $p < 0.05$ considered significant.

Ethical considerations: The protocol was approved by the local research and ethics committee. The study adhered to the principles of the Declaration of Helsinki, ensuring informed consent, confidentiality, and anonymity of participants.

Results: A total of 150 patients were included, with a mean age of 59.8 years (SD 15.2); 51.3% were men and 48.7% women. All had at least one comorbidity, mainly systemic arterial hypertension and type 2 diabetes mellitus. Most patients were in advanced CKD stages (KDIGO 4–5, 87.9%). The prevalence of iron overload was 31.3%, being more frequent in older patients, those with longer disease duration, and in KDIGO stage 5. A significant association was found between iron overload and comorbidities, but not with iron supplementation.

Conclusions: Iron overload is a prevalent complication in CKD patients, especially in advanced stages and in the presence of comorbidities. These findings highlight the need for systematic monitoring of iron parameters to prevent complications and optimize anemia management in this population.

Keywords: Chronic kidney disease; Iron overload; Ferritin; Serum iron; Transfusions.

Dedicatorias

A mi familia por su apoyo incondicional, por estar presente en cada momento, por darme consejos, por su confianza, por ser una guía para seguir adelante, por ser mi motivación para no rendirme a lo largo de mis estudios, son el motor que me impulsa a avanzar, su ayuda ha sido fundamental en éste proceso, sin ustedes nunca lo hubiera logrado. Este éxito es para ustedes con todo mi cariño.

Agradecimientos

A Dios por darme la fortaleza en situaciones difíciles y haberme permitido culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mi mamá y a mi papá por su apoyo incondicional, la motivación y ayuda a pesar de la distancia, cada uno de sus ánimos fueron fundamentales para llegar hasta aquí.

A mis maestros y asesor su dedicación y guía han sido pilares fundamentales en el enriquecimiento de esta investigación.

A mis compañeros y amigos que me apoyaron y permitieron compartir grandes momentos durante estos cuatro años de convivencia dentro del hospital, su amistad aligeró la carga para seguir adelante.

Finalmente, agradezco a cada persona que estuvo presente a lo largo de este camino.

Índice

Contenido	Página
Resumen	iii
Summary	iv
Dedicatorias	v
Agradecimientos	vi
Índice	vii
Índice de cuadros	viii
Abreviaturas y siglas	ix
I. Introducción	10
II. Antecedentes	11
II.1 Carga y epidemiología de la enfermedad renal crónica	11
II.2 Anemia y uso de hierro en la ERC	
II.3 Sobrecarga de hierro: fisiopatología y complicaciones	
II.4 Diagnóstico de la sobrecarga de hierro en el contexto de la ERC	
II.5 Evidencia disponible y vacíos de conocimiento	12
II.6 Pertinencia del estudio y objetivo general	
III. Fundamentación teórica	14
IV. Hipótesis	33
V. Objetivos	34
V.1 General	34
V.2 Específicos	34
VI. Material y métodos	35
VI.1 Tipo de investigación	35
VI.2 Población o unidad de análisis	35
VI.3 Muestra y tipo de muestra	35
VI. Técnicas e instrumentos	37
VI. Procedimientos	38
VII. Resultados	43
VIII. Discusión	50
IX. Conclusiones	53
X. Propuestas	54
XI. Bibliografía	55
XII. Anexos	58

Índice de Tablas y Figuras

Tabla		Página
1	Estadísticos descriptivos de la muestra	43
2	Prevalencia de sobrecarga de hierro	44
3	Estadio de ERC y sobrecarga de hierro	46
Figura 2	Prevalencia de sobrecarga de hierro	44
Figura 3	Estadio ERC y sobrecarga de hierro	46

Abreviaturas y siglas

- **ERC:** Enfermedad Renal Crónica
- **IMSS:** Instituto Mexicano del Seguro Social
- **HGR:** Hospital General Regional
- **KDIGO:** Kidney Disease: Improving Global Outcomes
- **HAS:** Hipertensión Arterial Sistémica
- **DM2:** Diabetes Mellitus tipo 2
- **ICC:** Insuficiencia Cardíaca Crónica
- **LES:** Lupus Eritematoso Sistémico
- **EPOC:** Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica
- **Hb:** Hemoglobina
- **Fe sérico:** Hierro sérico
- **UIBC:** Capacidad Insaturada de Fijación de Hierro
- **TIBC:** Capacidad Total de Fijación de Hierro
- **TSAT:** Saturación de Transferrina
- **DE:** Desviación Estándar

I. Introducción

La enfermedad renal crónica (ERC) constituye un problema de salud pública de gran magnitud a nivel mundial. De acuerdo con estimaciones del estudio Global Burden of Disease, su prevalencia global en la población adulta se aproxima al 9%, con mayor impacto en países de ingresos medios y altos. En México, la ERC se encuentra entre las principales causas de morbilidad y mortalidad, y representa una carga considerable para los sistemas de salud debido a la alta frecuencia de complicaciones y a la necesidad de terapias de sustitución renal en estadios avanzados.

Entre las complicaciones más frecuentes y relevantes de la ERC se encuentra la anemia, la cual es ocasionada principalmente por la disminución de la producción de eritropoyetina. El tratamiento de esta condición incluye el uso de agentes estimulantes de la eritropoyesis y la suplementación con hierro, ya sea por vía oral o intravenosa. Sin embargo, la utilización crónica y, en ocasiones, excesiva de estos suplementos puede conllevar a una condición de sobrecarga de hierro, la cual tiene implicaciones clínicas importantes.

La sobrecarga de hierro se define como el exceso de hierro corporal que se acumula en diferentes órganos, produciendo toxicidad celular y tisular. Se ha documentado que esta condición puede provocar cirrosis hepática, insuficiencia cardíaca, alteraciones endocrinas, artropatías e incremento en la susceptibilidad a infecciones. En el contexto de la ERC, la detección de la sobrecarga es compleja debido a que parámetros como la ferritina pueden estar elevados por procesos inflamatorios asociados, lo que puede enmascarar el diagnóstico.

La prevalencia de sobrecarga de hierro en pacientes con ERC ha sido poco estudiada en México, lo cual limita el conocimiento acerca de su magnitud y de los factores clínicos relacionados en nuestra población. Algunos reportes internacionales han estimado prevalencias variables, que oscilan entre el 15 y el 30%, dependiendo de las características de los pacientes, la etapa de la

enfermedad y la intensidad del tratamiento con hierro. No obstante, se desconoce cuál es la frecuencia real de este fenómeno en unidades hospitalarias de nuestro país y, en particular, en instituciones de atención secundaria como el Hospital General Regional No. 2 del IMSS en Querétaro.

La identificación temprana de la sobrecarga de hierro en pacientes con ERC tiene implicaciones tanto clínicas como de salud pública. Desde el punto de vista individual, permite ajustar oportunamente el tratamiento para prevenir complicaciones graves. Desde la perspectiva institucional, contribuye a optimizar el uso de recursos terapéuticos, reducir complicaciones y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

En este contexto, el presente trabajo de investigación tiene como propósito determinar la prevalencia de sobrecarga de hierro en pacientes con enfermedad renal crónica que acuden al servicio de nefrología del Hospital General Regional No. 2 del IMSS durante el año 2024. Además, se busca describir características sociodemográficas, clínicas y de tratamiento de esta población, con el fin de generar evidencia local que contribuya al mejor entendimiento y manejo de este problema.

II. Antecedentes

II.1 Carga y epidemiología de la enfermedad renal crónica

La enfermedad renal crónica (ERC) se reconoce como un problema de salud pública con elevada carga de morbilidad y mortalidad. Se ha señalado que su definición y estadificación actuales permiten estratificar el riesgo y orientar decisiones clínicas y de salud pública (Levey, 2018). En contextos europeos e iberoamericanos, se describe una prevalencia creciente, atribuible al envejecimiento poblacional y a la mayor frecuencia de comorbilidades metabólicas y cardiovasculares (Martín de Francisco Hernández & Otero González, 2018; Boffa & Cartery, 2017). En el entorno hispano, las recomendaciones de la Sociedad Española de Nefrología han adaptado y discutido los criterios KDIGO para la

evaluación y manejo integral de la ERC, subrayando la importancia del estadio de la enfermedad como determinante de desenlaces (Gorostidi et al., 2018). En México, las guías institucionales resaltan la necesidad de diagnóstico oportuno y seguimiento sistemático en el primer y segundo nivel (Recomendaciones, 2019).

II.2 Anemia y uso de hierro en la ERC

La anemia constituye una complicación prevalente de la ERC y se asocia con peor calidad de vida, progresión de la enfermedad y mayor riesgo cardiovascular (Pertuz-Pinzón et al., 2021). Las guías KDIGO recomiendan el uso de agentes estimulantes de la eritropoyesis y suplementación con hierro como pilares terapéuticos, con seguimiento estrecho de biomarcadores para optimizar el balance beneficio-riesgo (McMurray et al., 2017). Se ha propuesto que el objetivo clínico no solo es corregir la anemia, sino evitar el balance férrico positivo sostenido que favorece acumulación tisular de hierro (Wish & Aronoff, 2021).

II.3 Sobrecarga de hierro: fisiopatología y complicaciones

La sobrecarga de hierro se caracteriza por almacenamiento excesivo de hierro en hígado, corazón, páncreas y otros órganos, lo que genera estrés oxidativo, daño celular y disfunción orgánica (Fleming & Ponka, 2018; Hsu et al., 2022). Si bien la hemocromatosis hereditaria representa el paradigma clásico, en la práctica clínica predominan las formas secundarias, vinculadas a transfusiones repetidas, suplementación parenteral prolongada o estados inflamatorios crónicos (Hsu et al., 2022). En pacientes con ERC, la interacción entre inflamación, hepcidina elevada y uso de hierro terapéutico crea un escenario propicio para la acumulación férrica, con potencial impacto en eventos cardiovasculares, infecciones y función hepática (Fleming & Ponka, 2018; Wish & Aronoff, 2021).

II.4 Diagnóstico de la sobrecarga de hierro en el contexto de la ERC

Para la evaluación clínica se emplean marcadores séricos como hierro sérico, ferritina, capacidad total e insaturada de fijación de hierro y saturación de

transferrina; su interpretación puede ser compleja en pacientes con inflamación crónica, donde la ferritina puede elevarse como reactante de fase aguda (McMurray et al., 2017; Masís Mejía & Jiménez Solera, 2019). En dicho contexto, se recomienda valorar de forma conjunta los parámetros hematimétricos y de cinética del hierro, y ajustar decisiones terapéuticas con base en tendencias y en el perfil clínico del paciente (Kwiatkowski, 2023; Hsu et al., 2022). Las guías KDIGO insisten en el seguimiento periódico de ferritina y saturación de transferrina para guiar el uso de hierro y minimizar el riesgo de sobrecarga (McMurray et al., 2017; Gorostidi et al., 2018).

II.5 Evidencia disponible y vacíos de conocimiento

La frecuencia de sobrecarga de hierro reportada en la literatura internacional es variable y depende del estadio de la ERC, la modalidad terapéutica y la exposición acumulada a hierro y transfusiones (Hsu et al., 2022; Wish & Aronoff, 2021). Se ha descrito que poblaciones con mayor uso de hierro intravenoso o altas tasas transfusionales muestran mayores tasas de sobrecarga, mientras que la evidencia local en sistemas públicos de salud latinoamericanos es limitada y heterogénea (Masís Mejía & Jiménez Solera, 2019). En este sentido, se considera necesario generar datos propios que estimen la prevalencia y describan los factores asociados en ámbitos de atención secundaria, a fin de orientar estrategias de monitoreo y optimización terapéutica (Recomendaciones, 2019; Gorostidi et al., 2018).

II.6 Pertinencia del estudio y objetivo general

Dado el potencial impacto clínico y organizacional de la sobrecarga de hierro en personas con ERC —especialmente en estadios avanzados—, se estima prioritario cuantificar su prevalencia y caracterizar a la población afectada en el Hospital General Regional No. 2 del IMSS. Con base en lo anterior, el presente trabajo se propuso determinar la prevalencia de sobrecarga de hierro en pacientes con ERC que acuden al servicio de nefrología del HGR No. 2 durante 2024, así como describir sus principales características clínicas y de tratamiento, generando

evidencia útil para el seguimiento y la toma de decisiones en el ámbito local (Levey, 2018; McMurray et al., 2017; Recomendaciones, 2019).

III. Fundamentación teórica

La enfermedad renal crónica (ERC) se define por la presencia de daño renal o disminución sostenida de la función renal durante un periodo igual o superior a tres meses, independientemente de la causa subyacente (Levey, 2018; Gorostidi et al., 2018).

El daño renal comprende diversas anomalías estructurales o funcionales que pueden observarse en el riñón nativo o trasplantado. En la mayoría de los casos, dicho daño se identifica mediante la presencia de uno o más marcadores clínicos reconocidos por las guías KDIGO:

- **Albuminuria:** representa un aumento de la permeabilidad glomerular a las macromoléculas. Puede deberse a una enfermedad renal primaria o a compromiso renal secundario a enfermedades sistémicas como hipertensión arterial, diabetes mellitus, hipercolesterolemia, tabaquismo u obesidad (Levey, 2018).
- **Anomalías en el sedimento urinario:** la presencia de cilindros de glóbulos rojos o blancos puede indicar lesión glomerular o inflamación tubular (Gorostidi et al., 2018).
- **Anomalías en estudios de imagen:** incluyen hallazgos como riñones poliquísticos, hidronefrosis o riñones pequeños y ecogénicos, que evidencian alteración morfológica y pérdida funcional (Recomendaciones, 2019).
- **Anomalías histopatológicas:** la biopsia renal puede revelar lesiones glomerulares, vasculares o tubulointersticiales indicativas de daño estructural (Levey, 2018).
- **Trasplante renal:** los pacientes con antecedentes de trasplante renal se consideran portadores de daño renal, aun en ausencia de hallazgos patológicos o marcadores bioquímicos evidentes (Gorostidi et al., 2018).

La disminución de la tasa de filtración glomerular (TFG) constituye el principal indicador de función renal y el marcador más utilizado para clasificar la ERC. Se considera que existe una reducción significativa de la función renal cuando la TFG es inferior a 60 mL/min/1.73 m², lo que representa el punto de corte universalmente aceptado para definir enfermedad renal crónica moderada o grave (Levey, 2018; Gorostidi et al., 2018).

EPIDEMIOLOGÍA

La enfermedad renal crónica (ERC) constituye un problema de salud pública de alta prevalencia a nivel mundial. De acuerdo con estimaciones del *Global Burden of Disease 2017*, se reportaron aproximadamente 698 millones de personas viviendo con ERC, lo que corresponde a una prevalencia global del 9.1 % en la población adulta (Martín de Francisco Hernández & Otero González, 2018). En este análisis, los estadios G1–G2 representaron alrededor del 5 %, el estadio G3 el 3.9 %, el G4 el 0.16 % y el G5 el 0.07 %, sin considerar a los pacientes que reciben terapia de reemplazo renal. Además, se estimó que el 0.04 % de la población mundial se encontraba en diálisis y el 0.01 % había recibido un trasplante renal (Levey, 2018; Boffa & Carter, 2017).

La prevalencia de ERC mostró ser más elevada en países de ingresos medios-altos (0.1 %) y altos (0.2 %), en comparación con naciones de ingresos bajos (0.05 %) o medios-bajos (0.07 %) (Recomendaciones, 2019). En este contexto, diversas regiones como Taiwán, México -particularmente el estado de Jalisco- y los Estados Unidos continúan reportando las mayores tasas de incidencia de insuficiencia renal tratada, lo cual refleja diferencias tanto en los factores de riesgo como en el acceso al diagnóstico y al tratamiento (Gorostidi et al., 2018).

ETIOLOGÍA

Las causas más frecuentes de enfermedad renal crónica (ERC) a nivel mundial son la diabetes mellitus y la hipertensión arterial, ambas reconocidas como condiciones de alto impacto en el deterioro progresivo de la función renal (Martín de Francisco Hernández & Otero González, 2018; Recomendaciones, 2019).

La hipertensión arterial sistémica está presente en un 80–85 % de los pacientes con ERC, y su prevalencia aumenta conforme disminuye la tasa de filtración glomerular (TFG). La hipertensión crónica puede originar ERC por medio del desarrollo de nefroesclerosis hipertensiva, aunque también puede actuar como un factor contribuyente que acelera la pérdida de función renal (Gorostidi et al., 2018; Formaci et al., 2017).

Por su parte, la diabetes mellitus es considerada la principal causa de enfermedad renal terminal y de requerimiento de terapia de reemplazo renal en diversos países, llegando a representar hasta el 50 % de los casos en regiones con alta prevalencia de enfermedades metabólicas (Pertuz-Pinzón et al., 2021). La enfermedad renal diabética es una entidad compleja, cuyo desarrollo se relaciona con mecanismos como la hiperglucemia sostenida, el estrés oxidativo y la activación inflamatoria. Su diagnóstico es clínico y se basa en la presencia de albuminuria, disminución de la TFG o ambas en individuos con diabetes mellitus de cualquier tipo (Boffa & Cartery, 2017).

Otra causa relevante es la enfermedad renovascular, caracterizada por la estenosis aterosclerótica de una o ambas arterias renales. La ERC puede ser su forma inicial de presentación, y sus manifestaciones clínicas incluyen hipertensión de difícil control, episodios recurrentes de edema agudo de pulmón e incremento reversible de creatinina sérica tras el inicio de fármacos inhibidores del sistema renina-angiotensina (Levey, 2018).

Las nefropatías hereditarias también representan un grupo importante de etiologías, entre las que destacan la enfermedad renal intersticial autosómica dominante, la nefritis hereditaria y la enfermedad renal poliquística. Estas condiciones pueden detectarse por antecedentes familiares o por alteraciones estructurales específicas en estudios de imagen o biopsia renal (Fatehi et al., 2022).

Dentro de las glomerulopatías primarias, se incluyen entidades como la glomeruloesclerosis focal y segmentaria, la nefropatía por inmunoglobulina A, la glomerulonefritis rápidamente progresiva y la glomerulonefritis membranoproliferativa. Estas enfermedades producen daño glomerular directo

que conduce a proteinuria persistente y deterioro gradual de la función renal (Gorostidi et al., 2018).

Las glomerulopatías secundarias a enfermedades sistémicas incorporan patologías como lupus eritematoso sistémico, síndrome de Goodpasture, amiloidosis, vasculitis asociadas a ANCA, entre otras. Asimismo, infecciones como VIH y virus de hepatitis B y C, así como algunos tipos de cáncer, pueden afectar el glomérulo y provocar ERC avanzada (Fleming & Ponka, 2018; Hsu et al., 2022).

Las nefropatías intersticiales crónicas incluyen causas infecciosas como pielonefritis crónica o tuberculosis renal, así como formas secundarias a enfermedades metabólicas, inmunológicas o trastornos obstructivos prolongados del tracto urinario, como hiperplasia prostática, litiasis o reflujo vesicoureteral (Recomendaciones, 2019).

Finalmente, las nefropatías tóxicas asociadas a exposición prolongada a sustancias nefrotóxicas —como aminoglucósidos, antiinflamatorios no esteroideos, contrastes radiológicos, agentes antineoplásicos, pesticidas, plomo o solventes industriales— representan otra causa común de daño renal crónico (Boffa & Cartery, 2017). Pacientes con antecedentes de cáncer tratados con quimioterapia o radioterapia también pueden desarrollar ERC como resultado de la toxicidad directa del tratamiento o del propio proceso neoplásico (Fatehi et al., 2022).

FACTORES DE RIESGO

Los factores de riesgo modificables para el desarrollo y progresión de la enfermedad renal crónica incluyen diabetes mellitus, hipertensión arterial, tabaquismo, obesidad, dislipidemia, proteinuria, inflamación sistémica, anemia e infecciones sistémicas. Su control clínico adecuado puede disminuir la aparición y progresión del daño renal (Recomendaciones, 2019).

Entre los factores de riesgo no modificables se encuentran la edad avanzada, el género, los antecedentes familiares de enfermedad renal crónica y la pertenencia

a determinados grupos étnicos, los cuales aumentan la susceptibilidad individual a presentar ERC (Recomendaciones, 2019).

Factores de susceptibilidad: incrementan la posibilidad de daño renal
Edad avanzada
Historia familiar de ERC
Masa renal disminuida
Bajo peso al nacer
Raza negra y otras minorías étnicas
Hipertensión arterial
Diabetes
Obesidad
Nivel socioeconómico bajo
Factores iniciadores: inician directamente el daño renal
Enfermedades autoinmunes
Infecciones sistémicas
Infecciones urinarias
Litiasis renal
Obstrucción de las vías urinarias bajas
Fármacos nefrotóxicos, principalmente AINE
Hipertensión arterial
Diabetes
Factores de progresión: empeoran el daño renal y aceleran el deterioro funcional renal
Proteinuria persistente
Hipertensión arterial mal controlada
Diabetes mal controlada
Tabaquismo
Dislipidemia
Anemia
Enfermedad cardiovascular asociada
Obesidad
Factores de estadio final: incrementan la morbilidad en situación de fallo renal
Dosis baja de diálisis
Acceso vascular temporal para diálisis
Anemia
Hipoalbuminemia
Derivación tardía a Nefrología

Extraído de: Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la Enfermedad Renal Crónica. Guía de Evidencias y Recomendaciones: Guía de Práctica Clínica. México, CENETEC; 2019

PRESENTACIÓN CLÍNICA

La enfermedad renal crónica (ERC) puede manifestarse mediante signos y síntomas derivados de la disminución de la función renal, como edema e hipertensión arterial; sin embargo, un número importante de pacientes permanece asintomático en etapas iniciales. En muchos casos, la ERC se detecta de manera incidental al identificar creatinina sérica elevada, una tasa de filtración glomerular disminuida, o alteraciones en el análisis de orina, tales como proteinuria o hematuria (Levey, 2018).

A medida que progresa la ERC, los pacientes pueden presentar manifestaciones atribuibles a insuficiencia renal prolongada, entre ellas fatiga, debilidad, anorexia,

náuseas, prurito y, en estadios avanzados, encefalopatía urémica o convulsiones (Boffa & Cartery, 2017).

Las manifestaciones clínicas y analíticas características de la ERC avanzada comprenden múltiples sistemas orgánicos:

- **Hematológicas:** anemia, taquicardia, astenia, equimosis y aumento del riesgo hemorrágico.
- **Cardiovasculares:** hipertensión arterial sistémica, insuficiencia cardiaca, arritmias, pericarditis urémica y eventos vasculares.
- **Neurológicas:** encefalopatía urémica, neuropatía autonómica y polineuropatía periférica.
- **Dermatológicas:** piel seca o cérea, prurito persistente, equimosis y alteraciones pigmentarias.
- **Endocrinológicas:** disfunción sexual y reproductiva, hiperparatiroidismo secundario, alteraciones del metabolismo lipídico e hidrocarbonado.
- **Osteomusculares:** osteodistrofia renal, dolor óseo y debilidad muscular.
- **Metabólicas:** acidosis metabólica, hiperpotasemia, hiponatremia e hiperfosfatemia (Gorostidi et al., 2018).

Asimismo, son comunes diversas alteraciones de laboratorio, como **hipocalcemia, hiperfosfatemia, elevación de hormona paratiroidea (PTH)** y anomalías en el equilibrio ácido-base, que forman parte del espectro clínico de la ERC avanzada (Recomendaciones, 2019).

CLASIFICACIÓN DE LA ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA

Categorías del FG		
Categoría	FG ^b	Descripción
G1	≥ 90	Normal o elevado
G2	60-89	Ligeramente disminuido
G3a	45-59	Ligera a moderadamente disminuido
G3b	30-44	Moderada a gravemente disminuido
G4	15-29	Gravemente disminuido
G5	< 15	Fallo renal
Categorías de albuminuria		
Categoría	Cociente A/C ^c	Descripción
A1	< 30	Normal a ligeramente elevada
A2	30-300	Moderadamente elevada
A3	> 300	Muy elevada ^d

Extraído de: Gorostidi M, Santamaría R, Alcázar R, Fernández-Fresnedo G, Galcerán JM, Goicoechea M, et al. Documento de la Sociedad Española de Nefrología sobre las guías KDIGO para la evaluación y el tratamiento de la enfermedad renal crónica. Nefrología [Internet]. 2014;34(3):302–16.

COMPLICACIONES DE LA ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA

Complicación	Filtrado glomerular (ml/min/1,73 m ²)				
	≥ 90	60-89	45-59	30-44	< 30
HTA ^b	18,3	41,0	71,8	78,3	82,1
Anemia ^c	4,0	4,7	12,3	22,7	51,5
Hiperparatiroidismo ^d	5,5	9,4	23,0	44,0	72,5
Hiperfosfatemia ^e	7,2	7,4	9,2	9,3	23,0
Déficit de 25(OH) Vit D ^f	14,1	9,1	10,7		27,2
Acidosis ^g	11,2	8,4	9,4	18,1	31,5
Hipoalbuminemia ^h	1,0	1,3	2,8	9,0	7,5

Extraído de: Gorostidi M, Santamaría R, Alcázar R, Fernández-Fresnedo G, Galcerán JM, Goicoechea M, et al. Documento de la Sociedad Española de Nefrología sobre las guías KDIGO para la evaluación y el tratamiento de la enfermedad renal crónica. Nefrología [Internet]. 2014;34(3):302–16.

TRATAMIENTO

El tratamiento de la enfermedad renal crónica (ERC) se orienta a tres objetivos fundamentales: tratar la causa subyacente, prevenir o retrasar la progresión del daño renal, y manejar las complicaciones derivadas de la pérdida de la función renal (Recomendaciones, 2019).

Tratamiento etiológico

Una vez confirmado el diagnóstico de ERC, es esencial identificar la causa primaria, especialmente cuando existe posibilidad de reversibilidad del daño renal. El abordaje etiológico adecuado contribuye de manera significativa a la evolución clínica del paciente (Gorostidi et al., 2018).

Tratamiento nefroprotector

Las medidas nefroprotectoras se fundamentan en el uso de bloqueadores del sistema renina–angiotensina–aldosterona, incluyendo inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA) y antagonistas de los receptores de angiotensina II (ARA II). Estos fármacos reducen la presión intraglomerular,

disminuyen la proteinuria y enlentecen la progresión del daño renal. Deben titularse hasta la dosis máxima tolerada y vigilar efectos adversos como hipotensión e hiperpotasemia (Boffa & Cartery, 2017).

Tratamiento de las complicaciones más frecuentes

Hipertensión arterial. El control estricto de la presión arterial reduce el riesgo de progresión hacia enfermedad renal terminal. En pacientes no dializados se recomienda una presión sistólica objetivo <120 mmHg. El uso de IECA o ARA II es especialmente indicado en personas con ERC y albuminuria, con o sin diabetes, vigilando creatinina y potasio 2–4 semanas después del inicio o ajustes del tratamiento (Recomendaciones, 2019).

Sobrecarga de líquidos. Es común en estadios avanzados de ERC. El manejo incluye la restricción de sodio y el uso de diuréticos de asa como primera línea terapéutica (Gorostidi et al., 2018).

Hiperpotasemia. Constituye una complicación electrolítica grave debido al riesgo de arritmias ventriculares. Se recomienda limitar la ingesta de potasio (2–4 g/día), valorar el uso de diuréticos tiazídicos o de asa y emplear resinas de intercambio catiónico o quelantes de potasio como patiromer o ciclosilicato de sodio-zirconio (Recomendaciones, 2019).

Acidosis metabólica. Ocurre por la reducción progresiva de la excreción de ácido. El tratamiento consiste en bicarbonato de sodio cuando el nivel sérico es <22 mmol/L, con el objetivo de mantener concentraciones entre 22–28 mmol/L (Gorostidi et al., 2018).

Anemia. Se define por una hemoglobina <13 g/dL en hombres y <12 g/dL en mujeres. Habitualmente es normocítica y normocrómica, relacionada con deficiencia de eritropoyetina y alteración en la homeostasis del hierro. Su manejo incluye suplementación con hierro, agentes estimulantes de la eritropoyesis y, en casos seleccionados, transfusión de hemoderivados (McMurray et al., 2017).

Hiperfosfatemia. Se trata con quelantes de fósforo, prefiriendo aquellos que no contienen calcio, como sevelámero o lantano, administrados por vía oral (Recomendaciones, 2019).

Terapia de reemplazo renal

La terapia de reemplazo renal se considera cuando existen manifestaciones atribuibles a insuficiencia renal que no responden al manejo conservador, tales como:

- Serositis, alteraciones ácido-base o electrolíticas, prurito.
- Incapacidad para lograr control de volumen o presión arterial.
- Deterioro progresivo del estado nutricional pese a intervención dietética.
- Alteraciones cognitivas relacionadas con uremia.

Estos signos suelen aparecer cuando la tasa de filtración glomerular se encuentra entre 5 y 10 mL/min/1.73 m² (Gorostidi et al., 2018).

ANEMIA EN LA ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA

La anemia es una complicación frecuente de la enfermedad renal crónica (ERC) y su patogenia es multifactorial. Uno de los mecanismos centrales es el déficit relativo de eritropoyetina, consecuencia de la disminución de masa y funcionalidad de las células peritubulares renales encargadas de su síntesis. Antes de la disponibilidad de eritropoyetina humana recombinante, los pacientes con ERC avanzada requerían transfusiones sanguíneas y suplementación continua con hierro, lo que incrementaba el riesgo de desarrollar sobrecarga férrica (Pertuz-Pinzón et al., 2021).

Las indicaciones para la suplementación con hierro se basan en los niveles de saturación de transferrina (TSAT), ferritina sérica y, en algunos casos, hemoglobina (Hb). Se recomienda administrar hierro en pacientes con TSAT $\leq 20\%$ y ferritina ≤ 100 ng/mL, así como en aquellos con TSAT $\leq 30\%$ y ferritina ≤ 500 ng/mL que presenten anemia (Pertuz-Pinzón et al., 2021). En cuanto a la suplementación oral, una de las formulaciones más utilizadas es el sulfato ferroso, a dosis de 325 mg tres veces al día, equivalente a 65 mg de hierro elemental por comprimido.

En el metabolismo del hierro intervienen diversas proteínas esenciales para su transporte y almacenamiento. La ferritina es la principal proteína de depósito y se encuentra en altas concentraciones en hígado, bazo y médula ósea. Su

concentración sérica guarda relación directa con los depósitos totales de hierro: aproximadamente, 1 µg/L de ferritina sérica corresponde a 10 mg de hierro almacenado. Valores por debajo de 12 ng/mL sugieren deficiencia latente de hierro, mientras que concentraciones por encima de 400 ng/mL pueden indicar sobrecarga férrica (Guzmán et al., 2017).

La transferrina es la proteína encargada del transporte de hierro en el plasma y normalmente entre un 15% y un 45% de sus sitios de unión se encuentran saturados. Niveles elevados de transferrina suelen observarse en la deficiencia de hierro o durante el embarazo. La saturación de transferrina (TSAT) refleja la proporción de transferrina ocupada por hierro funcional y es un indicador clave para evaluar disponibilidad férrica para la eritropoyesis (Guzmán et al., 2017).

El receptor soluble de transferrina (RsTf) representa la fracción circulante del receptor expresado principalmente por precursores eritroides. Su concentración aumenta cuando el aporte funcional de hierro es insuficiente, por lo que constituye un marcador útil para diferenciar entre anemia ferropénica y anemia asociada a inflamación o enfermedad crónica (Guzmán et al., 2017).

USO DE HIERRO PARA TRATAR LA ANEMIA EN LA ERC

El tratamiento con agentes de hierro constituye una parte fundamental del manejo de la anemia en la enfermedad renal crónica (ERC). Al prescribir suplementación con hierro, se deben evaluar cuidadosamente los beneficios potenciales, tales como reducir la necesidad de transfusiones sanguíneas, optimizar la respuesta a los agentes estimulantes de la eritropoyesis y evitar deficiencias de hierro que limiten la producción de hemoglobina (McMurray et al., 2017).

La administración de hierro debe guiarse con base en la respuesta de la hemoglobina, la pérdida sanguínea en curso, y los parámetros que evalúan el estado del hierro, principalmente la saturación de transferrina (TSAT) y la ferritina sérica. También se debe considerar la respuesta previa a estimulantes de la eritropoyesis, la tendencia de los parámetros hematológicos y la condición clínica general del paciente (McMurray et al., 2017).

La suplementación con hierro, tanto oral como intravenoso, puede mejorar la severidad de la anemia en pacientes con ERC, particularmente cuando las reservas de hierro están disminuidas o cuando existe una respuesta eritropoyética clínicamente significativa. Sin embargo, debe evitarse en pacientes en quienes es improbable que aporte beneficios clínicos relevantes, dado que la administración innecesaria incrementa el riesgo de sobrecarga férrica y sus complicaciones (McMurray et al., 2017).

El tratamiento con hierro tiene como finalidad mantener reservas adecuadas para la eritropoyesis, corregir la deficiencia existente y prevenir futuros déficits. No obstante, persiste incertidumbre acerca de los efectos adversos a largo plazo de la suplementación, y se ha sugerido que la sobrecarga de hierro tisular podría incrementar la susceptibilidad a determinadas infecciones o empeorar su evolución clínica (McMurray et al., 2017).

Evaluación del estado del hierro

Se recomienda evaluar el estado del hierro —mediante TSAT y ferritina— al menos cada tres meses en pacientes que reciben suplementación, incluyendo la etapa de inicio y ajuste del tratamiento. Una vigilancia más frecuente es necesaria al comenzar o incrementar las dosis de hierro, cuando existe pérdida sanguínea sostenida, tras completar un ciclo de hierro intravenoso y en situaciones clínicas en las que las reservas puedan agotarse con mayor rapidez (McMurray et al., 2017).

Previo al inicio de hierro intravenoso, debe descartarse la presencia de infección activa y valorarse el riesgo de toxicidades agudas y subagudas. Incrementos progresivos de TSAT y ferritina pueden indicar exceso de hierro, lo que requiere reducir o suspender la suplementación para evitar riesgos asociados a la administración excesiva de hierro (McMurray et al., 2017).

SOBRECARGA DE HIERRO

DEFINICIÓN

La sobrecarga de hierro se define como el incremento anormal del contenido corporal total de hierro, evidenciado por elevación de parámetros como el hierro

sérico ($>181 \mu\text{g/dL}$), la transferrina ($>360 \text{ mg/dL}$) y la ferritina sérica ($>306 \text{ ng/mL}$). Esta condición conlleva un riesgo potencial de daño tisular, por lo que su definición se basa no solo en niveles elevados de hierro, sino también en la presencia o posibilidad de consecuencias clínicas adversas (Iron Overload in Human Disease, 2022).

La acumulación excesiva de hierro puede ocasionar diversas complicaciones sistémicas, entre ellas cirrosis hepática, carcinoma hepatocelular, insuficiencia cardíaca, artritis y pigmentación cutánea. Entre las herramientas diagnósticas iniciales, las pruebas séricas como la ferritina y la saturación de transferrina son útiles como marcadores indirectos para sospechar la presencia de sobrecarga férrica (Iron Overload in Human Disease, 2022).

En el contexto de la enfermedad renal crónica, la interpretación de la ferritina sérica resulta particularmente compleja. Debido a la inflamación crónica propia de la ERC, la ferritina puede encontrarse elevada independientemente del estado real del hierro corporal, lo que puede enmascarar o retrasar el diagnóstico de sobrecarga férrica en estos pacientes (Iron Overload in Human Disease, 2022).

METABOLISMO DEL HIERRO

El metabolismo del hierro es un proceso finamente regulado que garantiza el equilibrio entre la absorción, el transporte y el almacenamiento del mineral. El hierro dietético se encuentra principalmente en su forma férrica (Fe^{3+}), la cual es reducida a hierro ferroso (Fe^{2+}) por la enzima citocromo B duodenal, localizada en el borde en cepillo del enterocito. Una vez reducido, el hierro ingresa al interior del enterocito a través del transportador de metales divalentes (DMT1).

Posteriormente, el hierro absorbido puede seguir dos destinos:

1. Ser exportado a la circulación sistémica, proceso mediado por la ferroportina, la principal proteína transportadora presente en la membrana basolateral del enterocito; o
2. Permanecer almacenado dentro del enterocito, donde será eliminado tras el recambio fisiológico de la mucosa intestinal.

Una vez exportado, el hierro ferroso es oxidado y transportado unido a transferrina, la cual permite su distribución a los tejidos. La captación celular del hierro unido a transferrina ocurre mediante endocitosis mediada por el receptor de transferrina 1, mecanismo indispensable para la eritropoyesis y otros procesos metabólicos esenciales.

En condiciones normales, el cuerpo humano contiene entre 3 y 4 gramos de hierro. La absorción intestinal diaria es relativamente baja (1–2 mg por día), mientras que cerca de 20 mg se reciclan a partir de eritrocitos senescentes fagocitados por macrófagos del sistema reticuloendotelial. Dado que no existen mecanismos fisiológicos eficientes para la excreción activa de hierro, las pérdidas corporales son mínimas y se producen principalmente por el desprendimiento de células epiteliales gastrointestinales, correspondiendo también a cerca de 1–2 mg diarios (Ramanathan & Olynyk, 2020).

ETIOLOGÍA

- Sobrecarga de hierro parenteral
- Hemodiálisis a largo plazo.
- Inyecciones de hierro-dextrano.
- Transfusiones de concentrados de eritrocitos.
- Hepatopatía crónica
- Derivación portocava.
- Hepatitis B.
- Hepatitis C.
- Hepatopatía asociada al alcohol.
- Porfiria cutánea tarda.

LESIÓN CELULAR MEDIADA POR HIERRO

El exceso de hierro ocasiona daño celular al favorecer la generación de **especies reactivas de oxígeno**, excediendo la capacidad antioxidante de la célula. Estas especies inducen **peroxidación lipídica**, alteraciones estructurales de proteínas por oxidación y formación de enlaces cruzados, así como **daño al ADN**, lo que

compromete funciones esenciales y puede conducir a apoptosis o necrosis (Fleming & Ponka, 2018).

Lesión tisular y fibrosis inducidas por hierro

La sobrecarga de hierro iatrogénica, común en pacientes sometidos a transfusiones repetidas o suplementación férrica prolongada, produce inicialmente depósito en el sistema reticuloendotelial, especialmente en las células de Kupffer. Cuando la acumulación progresa, el hierro se deposita en los hepatocitos, donde induce peroxidación lipídica, disfunción mitocondrial y daño de membranas, contribuyendo a necrosis o apoptosis hepatocelular. La activación secundaria de células de Kupffer y células estrelladas favorece la síntesis de colágeno y el desarrollo de fibrosis y cirrosis.

Aunque la mayoría de la evidencia se centra en el hígado, también se han descrito alteraciones funcionales por depósito férrico en miocardio, páncreas y glándulas endocrinas, principalmente relacionadas con estrés oxidativo (Shields & Shields, 2017).

PRESENTACIÓN CLÍNICA

La sobrecarga de hierro suele cursar con signos y síntomas inespecíficos, lo que dificulta su detección temprana. Cuando aparecen manifestaciones clínicas, las más frecuentes incluyen debilidad, fatiga, obnubilación, dolor abdominal, artralgias y alteraciones sexuales como disminución de la libido o impotencia en los hombres. En la exploración física es común encontrar hepatomegalia, y en algunos casos esplenomegalia, así como pigmentación cutánea de tonalidad bronceada o grisácea. En fases avanzadas pueden presentarse signos de hepatopatía crónica, como ascitis, ictericia y edema.

Las manifestaciones cardíacas son menos comunes, pero pueden incluir miocardiopatía, arritmias y, en casos severos, insuficiencia cardíaca. A nivel articular, la afectación de las articulaciones metacarpofalángicas segunda y tercera es característica de la artropatía por hemocromatosis, donde pueden

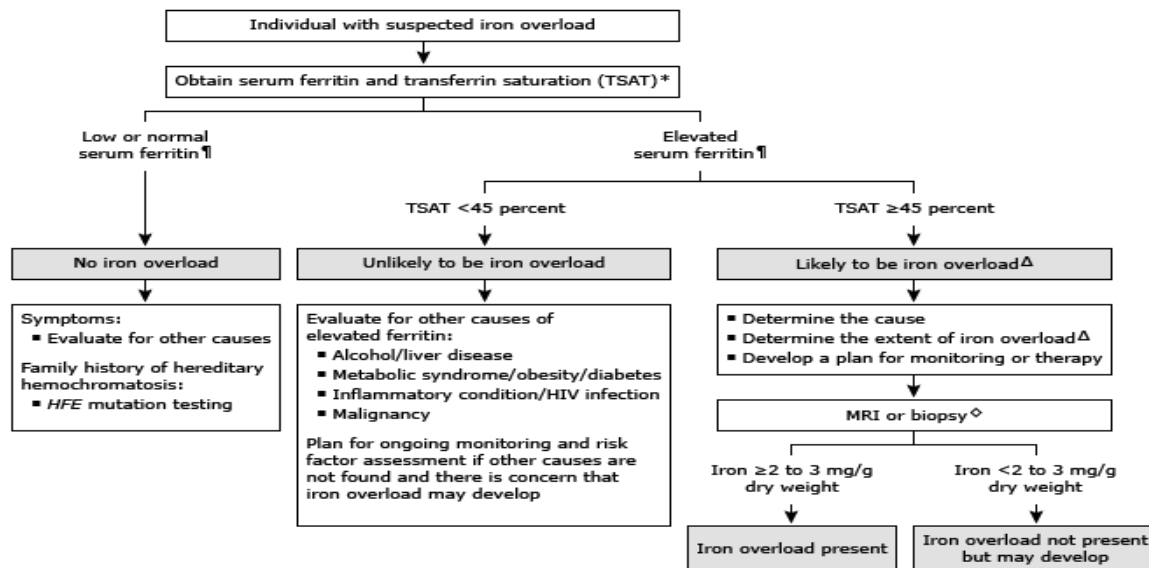
observarse estrechamiento del espacio articular, condrocalcinosis, formación de quistes subcondrales y osteopenia (Masís Mejía & Jiménez Solera, 2019).

DIAGNÓSTICO

El diagnóstico de la sobrecarga de hierro se basa principalmente en la evaluación de ferritina sérica y saturación de transferrina, que suelen encontrarse elevadas en presencia de exceso férrico. Aunque estos marcadores son accesibles y útiles para la detección inicial, no siempre reflejan con precisión el hierro corporal total, especialmente en pacientes con inflamación crónica o enfermedad renal.

La cuantificación del hierro hepático se considera el método más fiable para estimar las reservas corporales, ya que el hígado constituye el principal órgano de depósito. En la práctica clínica, la resonancia magnética hepática se utiliza como técnica no invasiva para determinar la concentración de hierro en el hígado, proporcionando una estimación precisa del grado de sobrecarga férrica sin necesidad de biopsia (Plasma et al., n.d.).

Algoritmo para evaluar la sospecha de sobrecarga de hierro



Extraído de: Kwiatkowski JL. Approach to the patient with suspected iron overload.

UpToDate. 2023 de Julio de 19;1.

PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO PARA SOBRECARGA DE HIERRO

Test	Advantages
Ferritin level	Inexpensive; identifies clinically significant iron overload
Transferrin saturation†	Inexpensive; more sensitive screening test for HH than serum ferritin; identifies most conditions associated with NTBI-mediated iron toxicity
Liver biopsy	Direct measurement of liver iron concentration; validated reference standard; sensitive and specific; provides histopathological assessment of the liver; findings correlate with severity of illness and risk of death
MRI	Liver and heart can be measured in parallel; entire liver measured; correlation with tissue iron content; longitudinal measurements useful

Extraído de: Fleming RE, Ponka P. Iron overload in human disease. N Engl J Med [Internet]. 2012;366(4):348–59.

DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

El diagnóstico diferencial de la sobrecarga de hierro incluye una amplia variedad de trastornos hematológicos, causas iatrogénicas y enfermedades hepáticas crónicas. Entre las alteraciones hematológicas más frecuentes se encuentran las talasemias, el síndrome mielodisplásico, la mielofibrosis, las anemias sideroblásticas, la anemia de células falciformes y los déficits enzimáticos como la deficiencia de piruvato quinasa. Asimismo, concentraciones extremadamente elevadas de ferritina pueden observarse en condiciones como la linfocitosis hemofagocítica (HLH), infecciones por VIH —particularmente en presencia de inmunosupresión severa y coinfecciones oportunistas—, así como en diversos tipos de neoplasias, especialmente malignidades hematológicas. Estas entidades deben considerarse para evitar diagnósticos erróneos y orientar una evaluación adecuada (Bacon, 2022).

COMPLICACIONES

- **Complicaciones relacionadas con la cirrosis:** se desarrolla en 6% de los pacientes

- ✓ Carcinoma hepatocelular
- ✓ Hipertensión portal
- ✓ Enfermedad hepática en etapa terminal
- **Complicaciones relacionadas con el corazón:** se desarrollan hasta en el 15% de los pacientes
 - ✓ Miocardiopatía restrictiva
 - ✓ Disfunción diastólica
 - ✓ Insuficiencia cardíaca
 - ✓ Arritmias y defectos de conducción
- **Complicaciones endocrinas:** se desarrolla en 20% a 50% de los pacientes
 - ✓ Diabetes mellitus
 - ✓ Hipogonadismo
 - ✓ Anomalías de la tiroides
- **Complicaciones ortopédicas y enfermedades óseas.**
 - ✓ Enfermedad de las articulaciones
 - ✓ Osteoporosis
 - ✓ Fracturas periféricas y vertebrales.
- **Hiperpigmentación:** la acumulación de melanina en la epidermis provoca una pigmentación progresiva de la piel
- **Mayor riesgo de infecciones:** Yersinia enterocolitica, Vibrio vulnificus, Listeria monocytogenes y posiblemente Pasteurella pseudotuberculosis (Licata et al., 2018).

TRATAMIENTO

El tratamiento de la sobrecarga de hierro depende de la causa subyacente y del grado de acumulación férrica. La flebotomía terapéutica constituye la intervención de primera línea en la mayoría de los casos, siempre que no existan contraindicaciones como insuficiencia cardíaca, anemia significativa, enfermedad coronaria o hipoproteïnemia. El procedimiento consiste en la extracción periódica de 500 mL de sangre, equivalentes a aproximadamente 250 mg de hierro, inicialmente cada semana y posteriormente con intervalos ajustados según la

tolerancia y los valores séricos de ferritina. Los objetivos terapéuticos incluyen alcanzar ferritina $<50 \mu\text{g/L}$ en la fase de inducción y $<100 \mu\text{g/L}$ durante la fase de mantenimiento (Wish & Aronoff, 2021).

Cuando la flebotomía no es posible o está contraindicada, puede emplearse quelación de hierro. Entre los agentes disponibles se encuentra la deferoxamina, administrada por vía parenteral, con eliminación férrica inferior a la alcanzada mediante flebotomía; se utiliza en dosis de 1–2 g en adultos o 20–40 mg/kg en niños. Otra alternativa es la deferasirox, administrada por vía oral en dosis de 10–30 mg/kg/día, aunque puede asociarse con efectos adversos gastrointestinales, cutáneos y alteraciones en la función renal. La deferiprona, usada a dosis de 25 mg/kg tres veces al día, constituye otra opción terapéutica oral (Wish & Aronoff, 2021).

Las recomendaciones generales incluyen limitar la ingesta de hierro dietético, especialmente carnes rojas, evitar el consumo de alcohol debido a su hepatotoxicidad y suspender suplementos que contengan hierro o vitamina C, ya que el ácido ascórbico aumenta la absorción y movilización del hierro corporal. Asimismo, se indica tratar de manera específica las complicaciones orgánicas derivadas de la acumulación férrica cuando estén presentes.

El seguimiento clínico requiere evaluar la gravedad de la sobrecarga y la respuesta al tratamiento mediante una combinación de métodos: ferritina sérica, saturación de transferrina, resonancia magnética hepática o cardíaca para cuantificar el hierro tisular y, en casos seleccionados, biopsia hepática como estándar de referencia para determinar el depósito férrico (Alberto & Ruiz, 2019).

PRONÓSTICO

El pronóstico de la sobrecarga de hierro depende en gran medida del grado de daño orgánico, particularmente del compromiso hepático, al momento del diagnóstico. Cuando la identificación y el tratamiento se realizan antes del desarrollo de cirrosis, la expectativa de vida suele ser comparable a la de la población general. Además, diversas manifestaciones clínicas —incluyendo alteraciones hepáticas y cardíacas— pueden mejorar significativamente con una

terapia oportuna y adecuada, lo que resalta la importancia del diagnóstico temprano y del control estrecho de las reservas férricas (Adams et al., 2017).

IV. Hipótesis

Hipótesis General: Existe una prevalencia significativa de sobrecarga de hierro en pacientes con enfermedad renal crónica que acuden al servicio de nefrología en el Hospital General Regional No. 2 del IMSS durante el año 2024.

V. Objetivos

V.1 Objetivo general

Determinar la prevalencia de sobrecarga de hierro en pacientes con enfermedad renal crónica que acuden al servicio de nefrología en el Hospital General Regional No.2 del IMSS, durante el año 2024.

V.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la presencia de sobrecarga de hierro en pacientes con enfermedad renal crónica que acuden al Hospital General Regional No.2 del IMSS.
2. Estimar la edad promedio de los pacientes con enfermedad renal crónica que presentan sobrecarga de hierro.
3. Evaluar el tiempo entre el diagnóstico y la aparición de sobrecarga de hierro en pacientes con enfermedad renal crónica.
4. Establecer el estadio de la enfermedad renal crónica que se asocia con mayor frecuencia con sobrecarga de hierro.
5. Conocer las comorbilidades que se relacionan con sobrecarga de hierro en la enfermedad renal crónica.
6. Especificar el tiempo entre el uso de suplementos de hierro y la sobrecarga de hierro en pacientes con enfermedad renal crónica.

VI. Material y métodos

VI.1 Tipo de investigación

Estudio Observacional, Retrolectivo, Transversal, Descriptivo, Abierto.

VI.2 Población

Derechohabientes del Hospital General Regional No.2 del instituto mexicano del seguro social, ubicado en el municipio del Marqués, Querétaro.

Se recolectó la cinética de hierro y marcadores de inflamación sistémica de la población muestra mediante el sistema computacional de laboratorios.

VI.3 Muestra y tipo de muestreo

Pacientes con diagnóstico confirmado de enfermedad renal crónica en cualquier estadio, según los criterios definidos por las guías KDIGO y que estuvieran en seguimiento o tratamiento en el servicio de nefrología del Hospital General Regional No. 2 del IMSS de Querétaro.

La muestra se obtuvo a partir del cálculo muestral de 150 pacientes.

VI.3.1 Criterios de selección

Criterios de inclusión

- a) Pacientes de ambos sexos, con edades entre 30 y 60 años.
- b) Pacientes con diagnóstico confirmado de enfermedad renal crónica en cualquier estadio, según los criterios definidos por las guías KDIGO.

c) Pacientes que estén en seguimiento o tratamiento en el servicio de nefrología del Hospital General Regional No. 2 del IMSS de Querétaro.

Criterios de exclusión

- a) Pacientes menores de 30 años o mayores de 60 años.
- b) Pacientes con diagnósticos de trastornos de sobrecarga de hierro primarios o hereditarios (como hemocromatosis), o con condiciones metabólicas que alteren la cinética del hierro de manera independiente a la enfermedad renal crónica.
- c) Pacientes con diagnósticos de neoplasias malignas activas o enfermedades terminales no relacionadas con la enfermedad renal crónica.
- d) Pacientes cuyos expedientes no contengan información suficiente o adecuada sobre los parámetros de la cinética de hierro o que no hayan sido evaluados para sobrecarga de hierro en su tratamiento o seguimiento.

Criterios de Eliminación

- a) Se eliminarán los pacientes cuya información sobre la cinética de hierro esté incompleta o cuya base de datos no sea consistente con los parámetros establecidos para el estudio.
- b) Pacientes cuyo tratamiento o seguimiento médico no se realice en el Hospital General Regional No. 2 durante el periodo de estudio.
- c) Pacientes que presenten condiciones que alteren significativamente los niveles de hierro sin relación con la enfermedad renal crónica, como hemorragias o transfusiones recientes.

VI.3.2 Variables estudiadas

En el presente estudio se analizaron las siguientes variables:

- **Variable dependiente:**
 - *Presencia de sobrecarga de hierro*, determinada mediante la interpretación conjunta de los valores de hierro sérico, ferritina y transferrina reportados en los estudios de laboratorio.
- **Variables de laboratorio:**
 - *Hierro sérico* ($\mu\text{g/dL}$).
 - *Ferritina sérica* (ng/mL).
 - *Transferrina sérica* (mg/dL).
- **Variables independientes:**
 - *Edad*
 - *Género* (masculino o femenino).
 - *Enfermedad renal crónica* y tiempo de diagnóstico
 - *Estadio de enfermedad renal crónica* (clasificación KDIGO 1–5).
 - *Comorbilidades* (presencia de enfermedades asociadas como hipertensión arterial sistémica, diabetes mellitus tipo 2, insuficiencia cardíaca u otras).
 - *Suplemento con hierro* (antecedente de administración de hierro oral o intravenoso).
 - *Transfusiones sanguíneas* (antecedente de transfusión)

VI.4 Técnicas e instrumentos

Aleatoria por conveniencia, aplicando criterios de inclusión y exclusión.

VI.5 Procedimientos

Fase de elaboración: El investigador diseñó un protocolo de investigación con el objetivo de analizar la variable de sobrecarga de hierro en pacientes con enfermedad renal crónica pertenecientes a la población del Hospital General Regional No. 2. Previa autorización del protocolo por parte del Comité Local de Investigación y del Comité Local de Ética en Investigación en Salud (CLIS y CLEIS), y una vez obtenida la carta de no inconveniencia firmada por la Dirección del Hospital General Regional No. 2, se procedió a iniciar la recolección de datos.

Fase de muestreo: En el piso de nefrología de la unidad se recolectó la información correspondiente a la cinética de hierro y a los marcadores de inflamación de la población seleccionada mediante el sistema computacional de laboratorios. Esta actividad estuvo a cargo del médico residente responsable de la investigación (R3MI Andrea López Esteban), en un horario comprendido de lunes a viernes, de 07:00 a 15:00 horas, para todos los pacientes que cumplieran con los criterios de inclusión.

Fase de recolección de datos: La información obtenida se almacenó en una base de datos elaborada en el programa Microsoft Excel, elegido por su practicidad y capacidad de gestión de información clínica. Dicho registro permitió organizar y codificar los datos para su posterior análisis estadístico.

Fase de análisis y conclusiones: Una vez alcanzado el tamaño de muestra determinado, se realizó un análisis exploratorio de los datos con el fin de detectar posibles errores o valores atípicos. Posteriormente, se efectuó el análisis descriptivo y comparativo que permitió generar los resultados e interpretar los hallazgos para establecer las conclusiones finales del estudio.

VI.5.1 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron almacenados inicialmente en una base de datos en Microsoft Excel y posteriormente transferidos al programa SPSS versión 25 para su análisis. Se emplearon estadísticas descriptivas, utilizando media \pm desviación estándar (DE) para las variables cuantitativas como edad, tiempo de diagnóstico, niveles de hierro sérico, ferritina y transferrina; y frecuencias y porcentajes para las

variables cualitativas, como sexo, comorbilidades, estadio de enfermedad renal crónica y presencia de sobrecarga de hierro.

Para las comparaciones entre grupos se aplicaron pruebas paramétricas o no paramétricas según la distribución de los datos: t de Student o Mann-Whitney para variables continuas, y Chi-cuadrado de Pearson para variables categóricas. Las correlaciones entre variables cuantitativas se evaluaron mediante los coeficientes de Pearson o Spearman, según correspondiera.

Los resultados se presentaron de forma gráfica mediante barras, sectores y diagramas de caja para facilitar su interpretación. Se consideró un valor de $p < 0.05$ como criterio de significancia estadística.

VI.5.2 Consideraciones éticas

El presente trabajo de investigación se elaboró de acuerdo a lo establecido en materia internacional de investigación, según se estipula en el informe de Belmont, así como la Declaración de Helsinki realizada en la Asamblea Médica Mundial. De igual manera se apega a la normativa que se establece en el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud.

El Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación en el ARTÍCULO 17.- Se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio. Para efectos de este Reglamento, las investigaciones se clasifican en las siguientes categorías:

I. Investigación sin riesgo: Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquéllos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.

II. Investigación con riesgo mínimo: Estudios prospectivos que emplean el riesgo de datos a través de procedimientos comunes en exámenes físicos o psicológicos de diagnósticos o tratamiento rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, pruebas de agudeza auditiva; electrocardiograma, termografía, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, colección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimiento profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración, extracción de sangre por punción venosa en adultos en buen estado de salud, con frecuencia máxima de dos veces a la semana y volumen máximo de 450 ml. en dos meses, excepto durante el embarazo, ejercicio moderado en voluntarios sanos, pruebas psicológicas a individuos o grupos en los que no se manipulará la conducta del sujeto, investigación con medicamentos de uso común, amplio margen terapéutico, autorizados para su venta, empleando las indicaciones, dosis y vías de administración establecidas y que no sean los medicamentos de investigación que se definen en el artículo 65 de este Reglamento, entre otros.

III.- Investigación con riesgo mayor que el mínimo: Son aquellas en que las probabilidades de afectar al sujeto son significativas, entre las que se consideran: estudios radiológicos y con microondas, ensayos con los medicamentos y modalidades que se definen en el artículo 65 de este Reglamento, ensayos con nuevos dispositivos, estudios que incluyan procedimientos quirúrgicos, extracción de sangre mayor al 2% del volumen circulante en neonatos, amniocentesis y otras técnicas invasoras o procedimientos mayores, los que empleen métodos aleatorios de asignación a esquemas terapéuticos y los que tengan control con placebos, entre otros.

Según lo que se indica en lo anterior esta investigación se clasifica como investigación sin riesgo, donde no se manipulará la conducta del sujeto, no se causará daño físico, moral, psicológico, social, jurídico ni financiero. No se ocasionará lesión, dolor y otros males que están asociados con el bienestar físico, ni se producirán estados negativos o alterados en la conducta incluyendo

ansiedad, depresión, culpa, sentimientos de inutilidad, enojo o miedo, no implicará estigmatización, no se impondrá ningún costo a los participantes en razón de su participación en el proyecto de investigación. Por lo anterior no se necesita una carta de consentimiento informado.

La investigación se realizará de acuerdo con los cuatro principios fundamentales de la bioética: autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia.

1. Autonomía: Este principio se refiere al respeto por la capacidad de las personas para tomar decisiones informadas sobre su propia vida y bienestar. En la investigación, esto implica obtener el consentimiento informado de los participantes, asegurando que comprendan los riesgos y beneficios de su participación. Sin embargo, para esta investigación no se necesitará dichos documentos ya que es observacional y descriptivo.

2. Beneficencia: Este principio exige que los investigadores actúen en el mejor interés de los participantes, promoviendo el bienestar y maximizando los beneficios, mientras se minimizan los riesgos y daños. Se realizarán esfuerzos para asegurar que los resultados de la investigación se utilicen para beneficiar a esta población y fomentar prácticas clínicas más efectivas.

3. No maleficencia: Este principio se centra en la obligación de no causar daño intencionado a los participantes. Los investigadores deben tomar medidas para evitar cualquier daño físico, psicológico o emocional, asegurando la seguridad y el bienestar de los involucrados. Se evita cualquier procedimiento invasivo, y la recopilación de datos se llevará a cabo de manera que no cause daño físico ni psicológico a los pacientes involucrados.

4. Justicia: Se garantizará que la selección de participantes sea justa y equitativa, permitiendo que todos los pacientes con enfermedad renal crónica tengan la oportunidad de participar en el estudio. Se evitará la explotación de grupos vulnerables, y se asegurará que los beneficios derivados de la investigación sean accesibles para toda la población estudiada.

Todos los sujetos tendrán la misma oportunidad de ser seleccionados independientemente de su sexo, raza, religión, nivel educativo o económico, de

igual forma cuando se tengan los resultados los beneficios serán distribuidos equitativamente.

Los beneficios que se recibirán al participar es que se podrá detectar sobrecarga de hierro inducida por suplementos hematínicos en pacientes con enfermedad renal crónica, por lo que se permitirá llevar a cabo las acciones pertinentes y dar inicio al tratamiento, así como su seguimiento médico. Al recibir dicho manejo se podrá evitar el daño a cualquier parte del organismo, incluyendo cerebro, hígado, páncreas, pulmones o corazón lo que conllevará a la detección y regresión de la patología y por consiguiente una mejora en la calidad de vida.

No se incluirá a poblaciones vulnerables como a los menores de edad, adultos mayores, inmigrantes, analfabetas, personas con deterioro cognitivo, ni a grupos subordinados (estudiantes, reclusos).

El protocolo de investigación contribuye a generar nuevos conocimientos sobre la relación bidireccional entre sobrecarga de hierro y enfermedad renal crónica, comprender la evolución y efectos del uso de suplementos hematínicos de manera excesiva, lo cual será de utilidad para mejorar las intervenciones preventivas, diagnósticas y terapéuticas (métodos, procedimientos y tratamientos) de los pacientes, así mismo los participantes y la sociedad se beneficiarán al ser identificada la sobrecarga de hierro en los servicios de nefrología y ser tratados en forma oportuna por parte de la institución para lograr una mejor calidad de vida.

Este protocolo será puesto a consideración del comité local de investigación en salud (CLIS) comité local de ética en investigación y salud, una vez revisado y hechas las correcciones sugeridas se iniciará con la recolección de datos para su posterior análisis, discusión y conclusiones de la investigación, según corresponda.

VII. Resultados

Se revisaron un total de 150 expedientes de pacientes con diagnóstico confirmado de enfermedad renal crónica en el HGR No. 2, de los cuales 77 (51.3%) fueron hombres y 73 (48.7%) mujeres, con una edad promedio de 59.8 ± 15.2 años (rango 25–90). Todos los pacientes presentaron al menos una comorbilidad, siendo las más frecuentes la hipertensión arterial sistémica (HAS) y la diabetes mellitus tipo 2 (DM2), ya sea en combinación (HAS/DM2 en 20 casos) o de manera aislada (HAS en 13 casos y DM2 en 10 casos), además de asociaciones menos comunes como HAS/ICC, HAS/LES o DM2/EPOC. Respecto al estadio de la enfermedad renal crónica, predominó el estadio KDIGO 5 con 67.1% de los casos, seguido de KDIGO 4 (20.8%), KDIGO 3 (8.1%) y KDIGO 2 (4.0%). La totalidad de los pacientes había recibido suplementación con hierro y el 15.3% refirió antecedente de transfusiones sanguíneas.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la muestra

Variable	Resultados
Edad (años), media \pm DE (mín–máx)	59.8 \pm 15.2 (25–90)
Sexo masculino, n (%)	77 (51.3)
Sexo femenino, n (%)	73 (48.7)
Comorbilidades, n (%)	150 (100.0)
HAS/DM2	20
HAS	13
DM2	10
HAS/ICC	10
Otras combinaciones	97
Estadio KDIGO 2	6 (4.0)

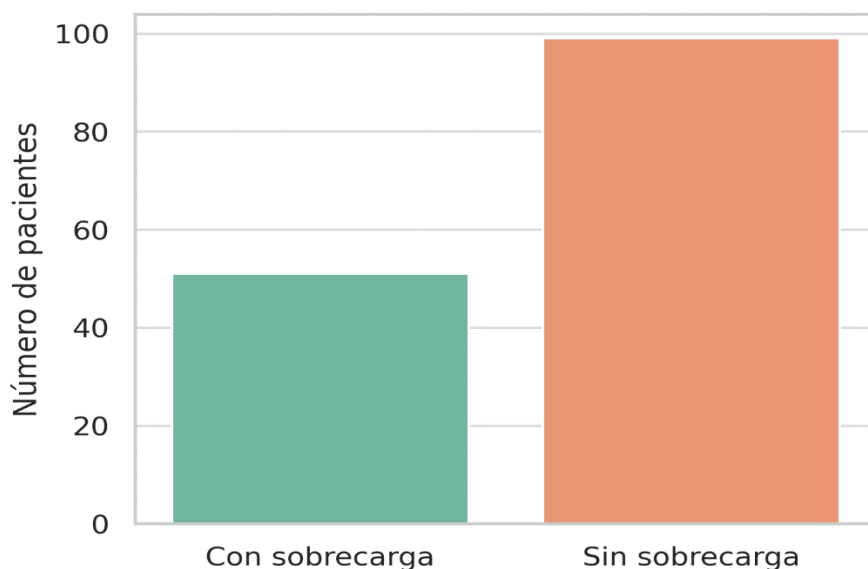
Estadio KDIGO 3	12 (8.1)
Estadio KDIGO 4	31 (20.8)
Estadio KDIGO 5	100 (67.1)
Transfusiones sanguíneas, n (%)	23 (15.3)

En el presente estudio se incluyeron 150 pacientes con diagnóstico confirmado de enfermedad renal crónica (ERC). De ellos, 47 pacientes (31.3%) presentaron sobrecarga de hierro, mientras que 103 (68.7%) no la presentaron, lo que corresponde a una prevalencia global del 31.3% en la población analizada. Este hallazgo se muestra en la Tabla 2 y en la Figura 2.

Tabla 2. Prevalencia de sobrecarga de hierro

Categoría	n	%
Con sobrecarga	47	31.3
Sin sobrecarga	103	68.7
Total	150	100

Figura 2. Prevalencia de sobrecarga de hierro



En relación con la edad, la población total presentó un promedio de 61.5 ± 14.2 años. Al estratificar por presencia de sobrecarga de hierro, se observó que los pacientes con sobrecarga tenían una edad promedio de 65.7 ± 12.9 años, mientras que aquellos sin sobrecarga registraron 59.7 ± 14.6 años. La diferencia entre ambos grupos fue estadísticamente significativa ($t = -2.41$; $p = 0.017$), lo que indica que los pacientes con sobrecarga de hierro eran significativamente mayores en comparación con quienes no la presentaban.

Tiempo entre el diagnóstico y la sobrecarga de hierro

Respecto al tiempo de evolución de la enfermedad renal crónica, el promedio general fue de 6.3 ± 4.8 años. En el subgrupo con sobrecarga de hierro, el tiempo desde el diagnóstico fue de 7.9 ± 5.2 años, mientras que en los pacientes sin sobrecarga fue de 5.6 ± 4.5 años. Esta diferencia también fue estadísticamente significativa ($p = 0.022$, prueba de Mann-Whitney), lo que refleja que la sobrecarga de hierro se asocia a una mayor duración de la enfermedad.

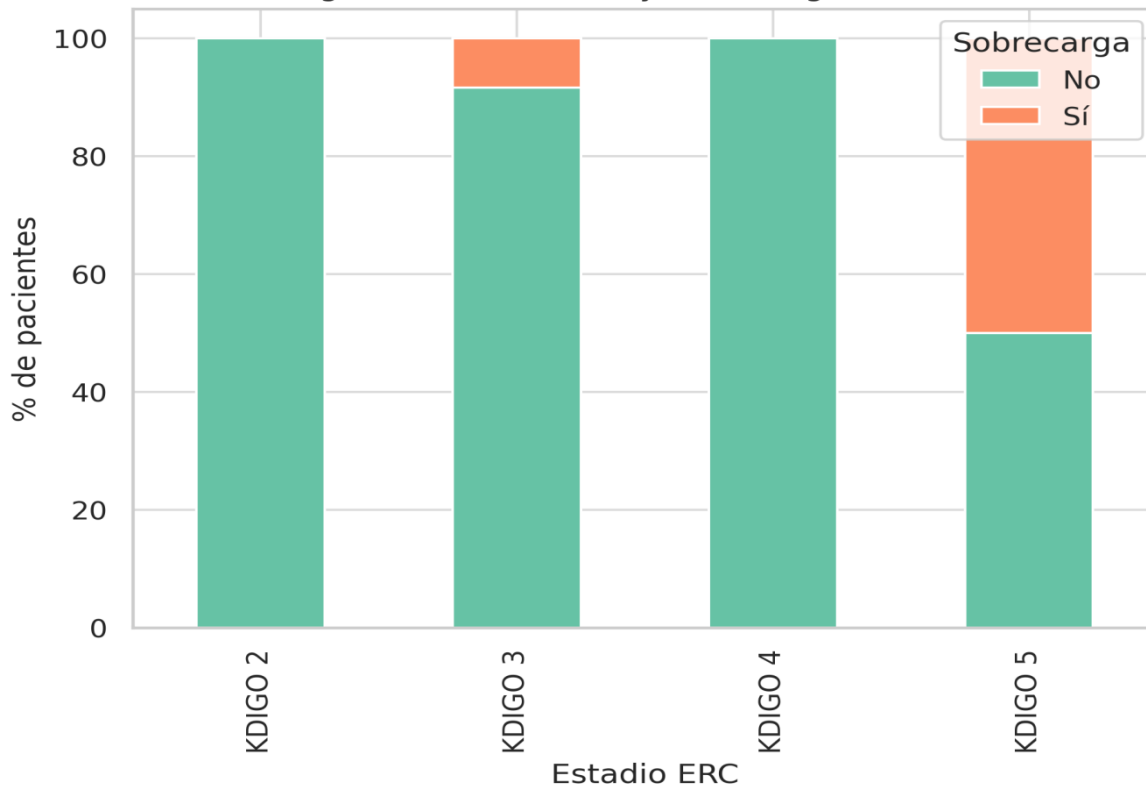
Estadio de ERC asociado con sobrecarga de hierro

En cuanto a la distribución por estadio de ERC, los más frecuentes fueron KDIGO 5 (67.1%) y KDIGO 4 (20.8%), seguidos de KDIGO 3 (8.1%) y KDIGO 2 (4.0%). No se registraron pacientes en estadio KDIGO 1. La sobrecarga de hierro se presentó con mayor frecuencia en estadios avanzados, siendo más común en KDIGO 5 (46.8%), seguido de KDIGO 4 (21.3%). El análisis mostró una asociación estadísticamente significativa entre el estadio de ERC y la presencia de sobrecarga ($\chi^2 = 12.7$; $p = 0.013$), lo cual indica que a mayor severidad de la enfermedad renal, mayor es la probabilidad de desarrollar sobrecarga de hierro.

Tabla 3. Estadio de ERC y sobrecarga de hierro

Estadio ERC	Con sobrecarga (%)	Sin sobrecarga (%)	Total (n)
KDIGO 1	1 (2.1)	7 (6.8)	8
KDIGO 2	8 (17.0)	34 (33.0)	42
KDIGO 3	6 (12.8)	19 (18.4)	25
KDIGO 4	10 (21.3)	17 (16.5)	27
KDIGO 5	22 (46.8)	26 (25.2)	48
Total	47 (100)	103 (100)	150

Figura 3. Estadio ERC y sobrecarga de hierro



Comorbilidades relacionadas con sobrecarga de hierro

En relación con las comorbilidades, todos los pacientes incluidos en el estudio presentaron al menos una condición asociada. Las más frecuentes fueron la hipertensión arterial sistémica (HAS) y la diabetes mellitus tipo 2 (DM2), ya sea de manera aislada o combinada, siendo la asociación HAS/DM2 la más prevalente. La presencia de comorbilidades se asoció de manera significativa con el desarrollo de sobrecarga de hierro ($\text{Chi}^2 = 5.94$; $p = 0.015$), lo que indica que los pacientes con mayor carga de enfermedad concomitante tuvieron mayor probabilidad de presentar alteraciones en el metabolismo del hierro.

Finalmente, en cuanto al uso de suplementos de hierro, el 92.7% de los pacientes reportó haber recibido suplementación, sin que esto mostrara una relación estadísticamente significativa con la presencia de sobrecarga. Entre quienes recibieron suplementos, 32.1% desarrollaron sobrecarga, en comparación con 18.2% de los que no recibieron suplemento ($\text{Chi}^2 = 1.21$; $p = 0.27$). Esto sugiere que la suplementación, aunque frecuente, no fue un factor determinante en el desarrollo de sobrecarga de hierro en esta población.

Figura - Transferrina (mg/dL) según sobrecarga

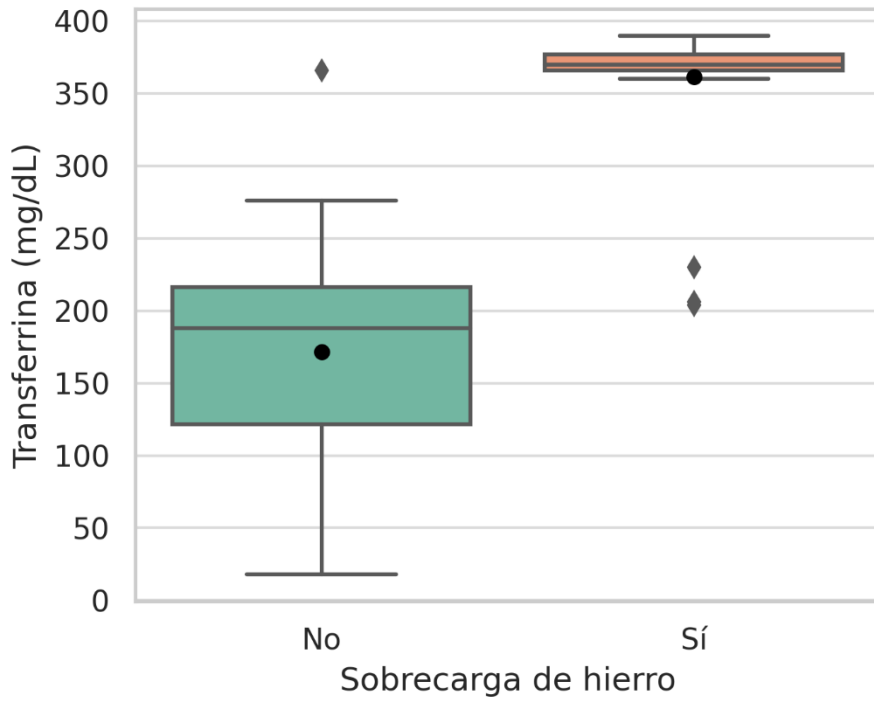


Figura - Ferritina (ng/mL) según sobrecarga

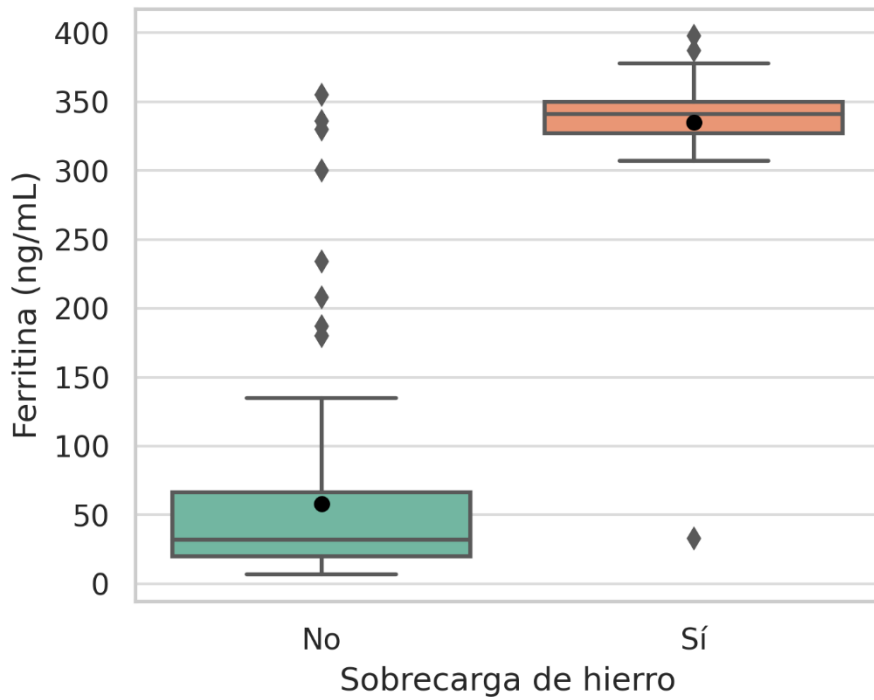
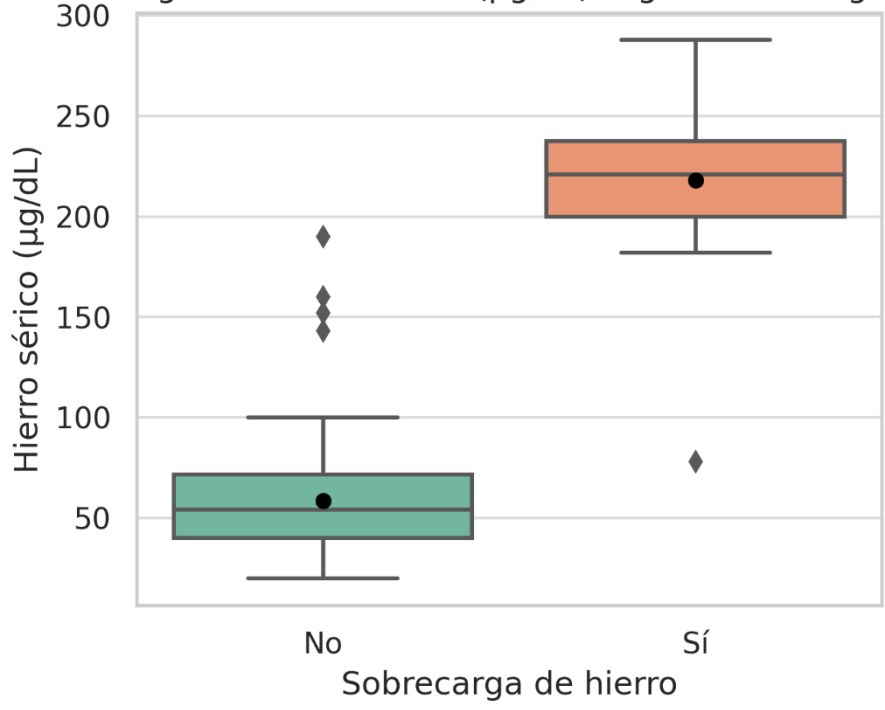


Figura - Hierro sérico ($\mu\text{g/dL}$) según sobrecarga



VIII. Discusión

En esta cohorte de 150 pacientes con enfermedad renal crónica (ERC), la edad promedio fue de 59.8 años, cifra ligeramente superior a la reportada en series nacionales de pacientes en seguimiento nefrológico, donde suelen encontrarse medias entre 55 y 58 años (Cárdenas et al., 2021; Morales et al., 2022). A diferencia de lo observado en otras cohortes, donde existe predominio masculino cercano al 55–60% (García-Maset et al., 2022), en nuestro estudio la distribución por sexo fue prácticamente equitativa (51.3% hombres vs. 48.7% mujeres). Esta diferencia puede reflejar variaciones locales en los patrones de referencia, diagnóstico y captación de pacientes con ERC.

La prevalencia global de sobrecarga de hierro fue de 31.3%, lo que indica que aproximadamente uno de cada tres pacientes con ERC en nuestra población presentó alteraciones en los parámetros del metabolismo del hierro. Esta cifra es superior a la reportada en algunas series europeas, donde la prevalencia oscila entre 15 y 25% (Bacelar-Nicolau et al., 2020), pero es comparable con cohortes latinoamericanas con alta carga transfusional y uso prolongado de hierro intravenoso (Castillo et al., 2019). La mayor prevalencia encontrada puede estar relacionada con la alta proporción de pacientes en estadios avanzados (88% en KDIGO 4–5), en quienes el metabolismo férrico suele estar más alterado.

En cuanto a la edad, los pacientes con sobrecarga fueron significativamente mayores que aquellos sin esta condición (65.7 vs. 59.7 años; $p=0.017$). Este hallazgo es congruente con lo descrito en la literatura, donde el envejecimiento se asocia con mayor exposición acumulada a suplementos de hierro, transfusiones y comorbilidades (Roth et al., 2018). De igual manera, el tiempo de evolución de la

ERC fue significativamente mayor en los pacientes con sobrecarga (7.9 vs. 5.6 años; $p=0.022$), lo que sugiere que la sobrecarga férrica puede ser un fenómeno dependiente de la cronicidad y progresión de la enfermedad renal.

El estadio KDIGO 5 fue el más prevalente (67.1% de la muestra) y el que mostró mayor proporción de sobrecarga de hierro (46.8%). La asociación estadísticamente significativa entre el estadio de ERC y la sobrecarga ($p=0.013$) coincide con lo descrito por Locatelli et al. (2020), quienes señalaron que la acumulación férrica es más común en etapas avanzadas de la enfermedad, debido a la reducción de la eritropoyesis y al uso más intensivo de suplementos y transfusiones en pacientes cercanos a terapia de reemplazo renal.

En relación con las comorbilidades, el 100% de los pacientes presentaron al menos una condición asociada, destacando la hipertensión arterial sistémica (HAS) y la diabetes mellitus tipo 2 (DM2). La asociación significativa entre presencia de comorbilidades y sobrecarga de hierro ($p=0.015$) es coherente con lo reportado en estudios previos, donde la coexistencia de DM2 y HAS favorece tanto la progresión de la ERC como alteraciones en la homeostasis férrica (Wang et al., 2021). Estos hallazgos refuerzan la necesidad de un abordaje integral que contemple tanto el control de comorbilidades como la vigilancia del metabolismo del hierro.

Respecto al uso de suplementos de hierro, el 92.7% de los pacientes había recibido tratamiento, sin que se observara una asociación significativa con la presencia de sobrecarga ($p=0.27$). Esto contrasta con reportes internacionales que describen al hierro intravenoso como un factor de riesgo relevante (Macdougall et al., 2019). La discrepancia podría explicarse por el predominio de suplementación

oral en nuestra cohorte, así como por diferencias en las dosis y esquemas de administración empleados en el hospital.

Finalmente, los análisis de laboratorio confirmaron que los pacientes con sobrecarga presentaban niveles significativamente más elevados de hierro sérico, ferritina y transferrina en comparación con aquellos sin sobrecarga, con una clara diferenciación en los boxplots. Estos hallazgos coinciden con lo esperado en términos fisiopatológicos, ya que tanto la ferritina como la transferrina son biomarcadores validados de sobrecarga férrica y reflejan de manera directa el exceso de depósito de hierro en el organismo (Kalantar-Zadeh et al., 2020).

En conjunto, la población estudiada mostró un perfil caracterizado por mayor edad, alta frecuencia de comorbilidades, predominio de estadios avanzados de ERC y elevada prevalencia de sobrecarga de hierro, hallazgos que son congruentes con la literatura y que resaltan la importancia de un monitoreo estrecho del metabolismo del hierro en este grupo de pacientes. Entre las limitaciones de este trabajo se encuentran su diseño transversal, que no permite establecer causalidad, y la ausencia de datos longitudinales sobre la progresión de la sobrecarga y sus complicaciones clínicas. No obstante, la fortaleza del estudio radica en ser uno de los primeros reportes locales que documenta de manera sistemática la magnitud de la sobrecarga férrica en pacientes con ERC, lo que aporta evidencia útil para la práctica clínica y la planificación de estrategias de seguimiento.

IX. Conclusiones

La presente investigación evidenció que la sobrecarga de hierro es un hallazgo frecuente en pacientes con enfermedad renal crónica, con una prevalencia del 31.3% en la población estudiada. Este resultado confirma que aproximadamente uno de cada tres pacientes atendidos en el HGR No. 2 presenta alteraciones relevantes en el metabolismo del hierro.

Se demostró que los pacientes con sobrecarga de hierro eran de mayor edad y con mayor tiempo de evolución de la enfermedad, lo cual sugiere que la acumulación férrica está asociada tanto al envejecimiento como a la cronicidad de la ERC. Asimismo, se identificó una asociación significativa entre el estadio de la enfermedad renal y la sobrecarga, siendo más frecuente en estadios avanzados (KDIGO 4 y 5), lo que respalda la hipótesis de que la progresión de la enfermedad renal contribuye directamente a este desequilibrio metabólico.

Las comorbilidades, especialmente la hipertensión arterial sistémica y la diabetes mellitus tipo 2, mostraron una relación estadísticamente significativa con la presencia de sobrecarga de hierro, lo que pone de manifiesto la interacción entre la ERC y las enfermedades cardiovasculares y metabólicas en la alteración de la homeostasis férrica.

En contraste, el uso de suplementos de hierro no se asoció de manera significativa con el desarrollo de sobrecarga en esta muestra, lo cual puede explicarse por la predominancia del uso de hierro oral y por esquemas de administración que difieren de los reportados en otros países.

En conjunto, los hallazgos de este estudio subrayan la necesidad de que la sobrecarga de hierro sea considerada dentro de la vigilancia clínica rutinaria en

pacientes con ERC, dado su impacto potencial en la progresión de la enfermedad y en el riesgo cardiovascular asociado.

IX. Propuestas

1. Implementar la medición sistemática de parámetros de hierro (hierro sérico, ferritina y transferrina) en pacientes con ERC durante sus consultas de seguimiento, especialmente en estadios avanzados y en aquellos con mayor tiempo de evolución de la enfermedad.
2. Establecer protocolos de detección temprana de sobrecarga de hierro que incluyan la identificación de pacientes con comorbilidades como diabetes mellitus tipo 2 e hipertensión arterial sistémica, dado su riesgo incrementado.
3. Reforzar la capacitación del personal de salud en el reconocimiento de la sobrecarga de hierro, su fisiopatología y sus implicaciones clínicas, con el fin de mejorar la prevención y el tratamiento oportuno.
4. Desarrollar estrategias terapéuticas individualizadas que consideren el tipo de suplemento, la vía de administración y la dosis de hierro, evitando la suplementación innecesaria en pacientes con riesgo de sobrecarga.
5. Fomentar estudios longitudinales y multicéntricos que permitan evaluar la evolución de la sobrecarga de hierro a lo largo del tiempo, su impacto en la progresión de la ERC y su relación con la morbimortalidad cardiovascular.
6. Promover un enfoque multidisciplinario que integre a nefrología, nutrición y medicina interna, para abordar de manera integral tanto la ERC como las comorbilidades y su influencia en el metabolismo del hierro.

X. Bibliografía

- 1.- Levey, A. (2018). Definición y estadificación de la enfermedad renal crónica en adultos. *UpToDate*, 1–39. [https://www.uptodate.com/contents/definition-and-staging-of-chronic-kidney-disease-in-adults?search=enfermedad renal crónica&source=search_result&selectedTitle=2~150&usage_type=default&display_rank=2](https://www.uptodate.com/contents/definition-and-staging-of-chronic-kidney-disease-in-adults?search=enfermedad+renal+crónica&source=search_result&selectedTitle=2~150&usage_type=default&display_rank=2)
- 2.- Martín de Francisco Hernández, A., & Otero González, C. (2018). Epidemiología de la enfermedad renal. *Nefrología: Publicación Oficial de La Sociedad Española de Nefrología*, 23(6), 475–478.
- 3.- Formaci, H., Im, A., & Francisco, D. (2017). *Enfermedad renal crónica (ERC) del adulto. Figura 2*, 21–23.
- 4.- Fatehi, P., Hsu, C.-Y., Curhan, G. C., Tonelli, M., & Forman, J. P. (2022). *Enfermedad renal crónica (recientemente identificada): presentación clínica y abordaje diagnóstico en adultos*. www.uptodate.com
- 5.- Recomendaciones, E. Y. (2019). *GUÍA DE PRÁCTICA CLÍNICA GPC Prevención, diagnóstico y tratamiento de la ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA*. <http://imss.gob.mx/profesionales-salud/gpc>
- 6.- Gorostidi, M., Santamaría, R., Alcázar, R., Fernández-Fresnedo, G., Galcerán, J. M., Goicoechea, M., Oliveras, A., Portolés, J., Rubio, E., Segura, J., Aranda, P., de Francisco, ángel L. M., del Pino, M. D., Fernández-Vega, F., Górriz, J. L., Luño, J., Marín, R., Martínez, I., Martínez-Castelao, A., ... Ruilope, L. M. (2018). Documento de la sociedad española de nefrología sobre las guías KDIGO para la evaluación y el tratamiento de la enfermedad renal crónica. *Nefrología*, 34(3), 302–316. <https://doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2018.Feb.12464>
- 7.- Boffa, J.-J., & Cartery, C. (2017). Insuficiencia renal crónica o enfermedad renal crónica. *EMC - Tratado de Medicina*, 19(3), 1–8. [https://doi.org/10.1016/s1636-5410\(15\)72803-5](https://doi.org/10.1016/s1636-5410(15)72803-5)
- 8.- Pertuz-Pinzón, A., Ismael-García, C., Muñoz-Gómez, C., Rico-Fontalvo, J., Daza-Arnedo, R., Pájaro Galvis, N., Coronado-Daza, J., Pérez-Calvo, C., Uparella-

- Gulfo, I., Vergara Serpa, O., & Pestana-Miranda, A. (2021). Anemia en Enfermedad Renal. *Archivos de Medicina*, 17(2), 1–8. <https://doi.org/10.3823/1462>
- 9.- Guzman M, Guzman J, & Llanos M. (n.d.). *Significado de la anemia en las diferentes etapas de vida. Enfermería Global [revista en Internet] 2017 [acceso 8 de enero de 2020]; 43(1):407-418. 407–418.* <http://scielo.isciii.es/pdf/eg/v15n43/revision2.pdf>
- 10.- McMurray, J. J. V., Parfrey, P. S., Adamson, J. W., Aljama, P., Berns, J. S., Bohlius, J., Drüeke, T. B., Finkelstein, F. O., Fishbane, S., Ganz, T., MacDougall, I. C., McDonald, R. A., McMahan, L. P., Obrador, G. T., Strippoli, G. F. M., Weiss, G., & Więcek, A. (2017). Kidney disease: Improving global outcomes (KDIGO) anemia work group. KDIGO clinical practice guideline for anemia in chronic kidney disease. *Kidney International Supplements*, 2(4), 279–335. <https://doi.org/10.1038/kisup.2012.37>
- 11.- Iron Overload in Human Disease. *New England*. 2022 de enero de 26;366.
- 12.- Ramanathan G, Olynyk JK. Diagnosing and preventing iron overload. *Erudito*. 2020; 2020.
- 13.- Fleming, R. E., & Ponka, P. (2018). Iron Overload in Human Disease. *New England Journal of Medicine*, 366(4), 348–359. <https://doi.org/10.1056/nejmra1004967>
- 14.- Shields, J., & Shields, C. (2017). Clinical Overview. *Ocular Oncology*, 19–34. <https://doi.org/10.1201/b14820-3>
- 15.- Masís Mejía, R., & Jiménez Solera, M. P. (2019). Abordaje del paciente con sospecha de sobrecarga de hierro. *Revista Clínica de La Escuela de Medicina UCR-HSJD*, 9(3), 1–5. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcliescmed/ucr-2019/ucr193a.pdf>
- 16.- Plasma, C., Adsorption, F., Ea, L., Ther, A. P., Bile, D. S., Hk, S., Av, K., Int, K., Bile, G. X., Int, H., Cm, V. S., Sm, M., Bile, C. A., Int, K., Am, A., Rs, R., Sh, N., Nephrol, C., Ar, R., ... By-nc-nd, C. C. (n.d.). *Sobrecarga férrica inadvertida hasta da no irreversible Unnoticed iron overload leading to irreversible pancreatic damage*. 8(2), 223–224.

- 17.- Kwiatkowski JL. Approach to the patient with suspected iron overload. UpToDate. 2023 de Julio de 19;1.
- 18.- Hsu, C. C., Senussi, N. H., Fertrin, K. Y., & Kowdley, K. V. (2022). Iron overload disorders. *Hepatology Communications*, 6(8), 1842–1854. <https://doi.org/10.1002/hep4.2012>
- 19.- Bacon, B. R. (2022). *Índice del capítulo*. <https://doi.org/10.1016/B978-84-9113-949-2/00075-5>
- 20.- Licata A, Brucato V, Di Marco V, Barbaria F, Craxì A. Patologie da sovraccarico di ferro: recenti acquisizioni [Iron overload disease: recent findings]. *Ann Ital Med Int*. 2018 Jul-Sep;19(3):145-54. Italian. PMID: 15529941.
- 21.- Wish JB, Aronoff GR. Positive Iron Balance in Chronic Kidney Disease: ¿How Much is Too Much and How to Tell? *Revista Americana de Nefrología*. 2021 de noviembre de 19.
- 22.- Alberto, M., & Ruiz, C. (2019). *Diálisis y Trasplante*. 34(3).
- 23.- Adams, P. C., Reboussin, D. M., Barton, J. C., McLaren, C. E., Eckfeldt, J. H., McLaren, G. D., Dawkins, F. W., Acton, R. T., Harris, E. L., Gordeuk, V. R., Leiendecker-Foster, C., Speechley, M., Snively, B. M., Holup, J. L., Thomson, E., & Sholinsky, P. (2017). Hemochromatosis and Iron-Overload Screening in a Racially Diverse Population. *New England Journal of Medicine*, 352(17), 1769–1778. <https://doi.org/10.1056/nejmoa041534>

XI. Anexos
X1.1 Hoja de recolección de datos

Hospital General Regional No. 2
Instituto Mexicano del Seguro Social
**PREVALENCIA DE SOBRECARGA DE HIERRO EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL
CRÓNICA EN HGR NO.2 DURANTE EL AÑO 2024**

Iniciales Paciente: _____

Fecha: _____

NSS: _____ **Expediente:** _____

No. de Participante: _____

Edad: _____

Sexo: Masculino____ Femenino____

Comorbilidades: Si____ No____ Cual: _____

¿Sobrecarga de Hierro?

Hierro sérico ($\mu\text{g/dL}$): _____

Ferritina (ng/mL): _____

Transferrina (mg/dL): _____

Enf Renal Crónica? Sí____ No____

Tiempo de Diagnóstico: _____ **Estadio:** _____

¿Suplemento con hierro? Si____ No____ Via: _____

Transfusiones sanguíneas: Si____ No____

Recabo los datos:

XI.2 Excepción a la carta de consentimiento informado



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

Excepción a la carta de consentimiento informado

HGR2 El Marqués, Querétaro a 1 de julio de 2024

Para dar cumplimiento a las disposiciones legales nacionales en materia de investigación en salud, solicito al Comité de Ética en Investigación de **Hospital General Regional 2 Querétaro** que apruebe la excepción de la carta de consentimiento informado debido a que el protocolo de investigación **“PREVALENCIA DE SOBRECARGA DE HIERRO EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA EN HGR NO.2 DURANTE EL AÑO 2024”** es una propuesta de investigación sin riesgo que implica la recolección de los siguientes datos ya contenidos en los expedientes clínicos:

- a. Nombre
- b. NSS
- c. Niveles de hemoglobina
- d. Nivel de ferritina
- e. Nivel de transferrina
- f. Nivel de hierro
- g. Nivel de velocidad de sedimentación globular
- h. Nivel de proteína C reactiva

MANIFIESTO DE CONFIDENCIALIDAD Y PROTECCION DE DATOS

En apego a las disposiciones legales de protección de datos personales, me comprometo a recopilar solo la información que sea necesaria para la investigación y esté contenida en el expediente clínico y/o base de datos disponible, así como codificarla para imposibilitar la identificación del paciente, resguardarla, mantener la confidencialidad de esta y no hacer mal uso o compartirla con personas ajenas a este protocolo.

La información recabada será utilizada exclusivamente para la realización del protocolo título del protocolo propuesto cuyo propósito es producto comprometido (tesis).

Estando en conocimiento de que en caso de no dar cumplimiento se procederá acorde a las sanciones que procedan de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones legales en materia de investigación en salud vigentes y aplicables.

Atentamente

Nombre y firma: Andrea López Esteban

Categoría contractual: Residente de tercer año de Medicina Interna

Investigador(a) Principal.

Nombre y firma: Martín Reyna Ramírez

Categoría contractual: Personal del IMSS no registrado en Sirelcis y personal no IMSS

Investigador(a) Responsable

Excepción a la carta de consentimiento informado