



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

CORRELACIÓN ENTRE EL VOLUMEN DEL INJERTO RENAL Y LA TASA DE FILTRADO GLOMERULAR ESTIMADA A LOS 3 MESES EN RECEPTORES DE TRASPLANTE RENAL EN EL HOSPITAL GENERAL DE QUERÉTARO.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de

ESPECIALIDAD EN MEDICINA INTERNA

Presenta:

JOSÉ EDUARDO ARCOS HERNÁNDEZ

Dirigido por:

ME. En Medicina Interna. Elba Susana Padilla Ávila.

Co-Director

ME. En Nefrología. Alan Quintanilla Rivera

Querétaro, Qro. a 5 de febrero de 2026

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

“Correlación entre el volumen del injerto renal y la tasa de filtrado glomerular estimada a los 3 meses en receptores de trasplante renal en el Hospital General de Querétaro.”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el diploma de

ESPECIALISTA EN MEDICINA INTERNA

Presenta:

MED. GRAL. JOSÉ EDUARDO ARCOS HERNÁNDEZ

Dirigido por:

ME. EN MEDICINA INTERNA. ELBA SUSANA PADILLA ÁVILA.

Co-dirigido por:

ME. EN NEFROLOGÍA. ALAN QUINTANILLA RIVERA.

Med. Esp. Elba Susana Padilla Ávila

Presidente

Med. Esp. Alan Quintanilla Rivera

Secretario

Med. Esp. José Juan Jiménez López

Vocal

Med. Esp. Marco Antonio Hernández Flores

Suplente

Med. Esp. Raúl Melo Acevedo

Suplente

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

Resumen

Introducción: La masa nefronal trasplantada y su relación con la demanda metabólica del receptor son factores determinantes en la evolución del injerto. Existe controversia sobre la utilidad de las mediciones físicas intraoperatorias para predecir la función renal.

Objetivo: Determinar la correlación entre el volumen del injerto renal (estimado mediante medición física intraoperatoria) y la tasa de filtrado glomerular estimada (TFGe) a los 3 meses en receptores de trasplante renal del Hospital General de Querétaro.

Material y métodos: Estudio observacional, analítico, retrospectivo y transversal. Se incluyó un censo de 88 pacientes trasplantados entre 2022 y 2025 (superando la muestra calculada de $n=85$). Se revisaron expedientes clínicos recabando variables demográficas, antropométricas y morfométricas del injerto (largo, ancho, grosor) para calcular el volumen mediante la fórmula del elipsoide. El análisis estadístico se realizó en SPSS v.26, utilizando estadística descriptiva y la prueba de correlación de Spearman para el análisis inferencial, bajo consideraciones éticas de confidencialidad y riesgo nulo.

Resultados: La TFGe media a los 3 meses fue de 69.93 ± 21.09 mL/min/1.73 m². No se encontró correlación estadísticamente significativa entre el volumen renal calculado y la TFGe ($\rho=0.029$, $p=0.788$), ni al indexar el volumen por peso o superficie corporal. Sin embargo, se hallaron correlaciones negativas significativas entre la edad del donador y la TFGe ($\rho=-0.292$, $p=0.006$) y entre el peso del receptor y la TFGe ($\rho=-0.229$, $p=0.032$).

Conclusiones: El volumen renal estimado físicamente no demostró ser un predictor de la función renal temprana en esta población. No obstante, la edad del donante y el peso del receptor se confirmaron como factores pronósticos

significativos, sugiriendo que la evaluación clínica del binomio es superior a la morfometría aislada.

(Palabras clave: Trasplante renal, Volumen renal, Tasa de filtrado glomerular, Masa nefronal).

Summary

Objective: To determine the correlation between renal graft volume (estimated by intraoperative physical measurement) and the estimated glomerular filtration rate (eGFR) at 3 months in kidney transplant recipients at the Hospital General de Querétaro.

Materials and methods: An observational, analytical, retrospective, and cross-sectional study was conducted. A census of 88 transplant patients between 2022 and 2025 was included. Clinical records were reviewed to collect demographic, anthropometric, and graft morphometric variables (length, width, thickness) to calculate volume using the ellipsoid formula. Statistical analysis was performed using SPSS v.26, utilizing descriptive statistics and Spearman's correlation test for inferential analysis.

Results: The mean eGFR at 3 months was 69.93 ± 21.09 mL/min/1.73 m². No statistically significant correlation was found between calculated renal volume and eGFR ($\rho=0.029$, $p=0.788$), nor when indexing volume by weight or body surface area. However, significant negative correlations were found between donor age and eGFR ($\rho=-0.292$, $p=0.006$) and between recipient weight and eGFR ($\rho=-0.229$, $p=0.032$).

Conclusions: Physically estimated renal volume did not prove to be a predictor of early renal function in this population. However, donor age and recipient weight were confirmed as significant prognostic factors, suggesting that clinical evaluation of the donor-recipient pair is superior to isolated morphometry.

(Key words: Kidney transplantation, Kidney volume, Glomerular filtration rate, Nephron mass).

Dedicatorias

Para mis padres, mis hermanos y mi pareja, sin su apoyo e inspiración nunca lo hubiera logrado.

Agradecimientos

Agradecimiento especial a mis maestros y asesores que me orientaron en este arduo camino.

Índice

Contenido	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iv
Agradecimientos	v
Índice	vi
Índice de cuadros	viii
índice de figuras	viii
Abreviaturas y siglas	ix
I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
II.1 Panorama epidemiológico de la enfermedad renal crónica	3
II.2 Alternativas terapéuticas y trasplante renal	4
II.3 Factores pronósticos no inmunológicos y características del donante	5
II.4 La importancia de la dosificación de nefronas y el volumen renal	6
II. 5 Métodos de estimación del volumen del injerto	7
II. 6 Evaluación funcional y contexto del estudio	8
III. Fundamentación teórica	10
IV. Hipótesis o supuestos	11
V. Objetivos	12
V.1 General	12
V.2 Específicos	12
VI. Material y métodos	14
VI.1 Tipo de investigación	14

VI.2 Población o unidad de análisis	14
VI.3 Muestra y tipo de muestreo	14
VI. 3.1 Criterios de selección	14
VI. 3.1.1 Criterios de inclusión	15
VI. 3.1.2 Criterios de exclusión	15
VI. 3.1.3 Criterios de eliminación	15
VI.3.2 Variables estudiadas	16
VI.4 Técnicas e instrumentos	18
VI.5 Procedimientos	19
VI.5.1 Análisis estadístico	20
VI.5.2 Consideraciones éticas	21
VII. Resultados	22
VII.1 Características demográficas y clínicas de los receptores	22
VII.2 Características del donador	25
VII.3 Características del injerto renal y procedimiento	26
VII.4 Función renal a los 3 meses post-trasplante	28
VII.5 Análisis inferencial y correlaciones	29
VIII. Discusión	36
IX. Conclusiones	39
X. Propuestas	41
XI. Bibliografía	42
XII. Anexos	47

Índice de cuadros

Cuadro		Página
VII.1	Características sociodemográficas y clínicas de los receptores	23
VII.2	Características demográficas del donador	25
VII.3	Características morfofuncionales del injerto renal y esquema de inducción	27
VII.4	Función renal del receptor a los 3 meses post-trasplante	28
VII.5	Correlación de Spearman entre variables morfofuncionales y la TFG _e a los 3 meses.	34

Índice de Figuras

Figura		Página
1	Gráfico de dispersión entre volumen renal calculado y TFG _e a 3 meses.	29
2	Gráfico de dispersión entre volumen / peso y TFG _e a 3 meses.	30
3	Gráfico de dispersión entre volumen / IMC y TFG _e a 3 meses.	31
4	Gráfico de dispersión entre volumen / superficie corporal y TFG _e a 3 meses.	32
5	Gráfico de dispersión entre edad del donador y TFG _e a 3 meses.	33
6	Gráfico de dispersión entre peso del receptor y TFG _e a 3 meses.	34

Abreviaturas y siglas

APA: American Psychological Association
BUN: Nitrógeno Ureico en Sangre (Blood Urea Nitrogen)
CENATRA: Centro Nacional de Trasplantes
CKD-EPI: Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration
cm: Centímetros
Cr: Creatinina sérica
DE: Desviación Estándar
DM: Diabetes Mellitus
ERC: Enfermedad Renal Crónica
ERCT: Enfermedad Renal Crónica Terminal
HAS: Hipertensión Arterial Sistémica
HGQ: Hospital General de Querétaro
IMC: Índice de Masa Corporal
kg: Kilogramos
m: Metros
m²: Metros cuadrados
min: Minutos
mL: Mililitros
ONT: Organización Nacional de Trasplantes
p: Valor de significancia estadística (p-value)
Rho: Coeficiente de correlación de Spearman
SC: Superficie Corporal
SPSS: Statistical Package for the Social Sciences
TAC: Tomografía Axial Computarizada
TFG: Tasa de Filtrado Glomerular
TFGe: Tasa de Filtrado Glomerular estimada
UAQ: Universidad Autónoma de Querétaro

I. Introducción

La enfermedad renal crónica (ERC) representa una de las mayores cargas para la salud pública a nivel global. Se estima que más de 850 millones de personas padecen algún grado de esta patología, y una proporción significativa progresa hacia la enfermedad renal crónica terminal (ERCT). En México, el impacto es particularmente severo, con una prevalencia estimada del 12.2% y una creciente demanda de terapias de reemplazo renal.

Frente a la ERCT, el trasplante renal se consolida como el tratamiento de elección, ofreciendo una supervivencia superior y mejor calidad de vida en comparación con la diálisis. Sin embargo, la escasez de órganos es una realidad crítica; datos del Centro Nacional de Trasplantes (CENATRA) evidencian una discrepancia sustancial entre la demanda y la oferta de órganos. Esta situación obliga a optimizar el pronóstico de cada injerto trasplantado.

El éxito del trasplante no depende exclusivamente de factores inmunológicos. Se ha demostrado que factores morfofuncionales, específicamente la relación entre la masa nefronal trasplantada y las demandas metabólicas del receptor, juegan un rol determinante en la evolución del injerto. Este concepto de "dosificación de nefronas" sugiere que un desajuste entre el tamaño del riñón y el peso del receptor puede desencadenar mecanismos de hiperfiltración compensatoria, conduciendo eventualmente al deterioro funcional. Si bien existen métodos de imagen avanzados como la tomografía y la resonancia magnética para estimar el volumen renal, su disponibilidad no es universal en todos los centros hospitalarios, lo que plantea la necesidad de validar métodos más accesibles.

La presente investigación se justifica por la necesidad de encontrar herramientas pronósticas que sean a la vez precisas y costo-efectivas. Se aborda la utilidad de las medidas físicas directas del injerto, obtenidas de manera rutinaria

en el quirófano, como predictores de la función renal temprana. La relevancia social de este estudio radica en su potencial para mejorar los protocolos de seguimiento en instituciones públicas como el Hospital General de Querétaro, donde la optimización de recursos es vital. Desde una perspectiva práctica, validar estas mediciones permitiría a los equipos médicos estratificar el riesgo de los pacientes sin incurrir en costos adicionales ni procedimientos invasivos, permitiendo una vigilancia más estrecha en aquellos receptores con una masa nefronal límite.

El objetivo central de este trabajo es determinar la correlación existente entre el volumen del injerto renal, calculado mediante medidas físicas intraoperatorias, y la tasa de filtrado glomerular estimada a los tres meses post-trasplante, un periodo crítico que define el pronóstico a mediano plazo.

II. Antecedentes

II.1 Panorama epidemiológico de la enfermedad renal crónica

La enfermedad renal crónica (ERC) representa una de las mayores cargas para la salud pública a nivel mundial. Se estima que más de 850 millones de personas presentan algún grado de ERC y su prevalencia está aumentando globalmente, situándose actualmente como el séptimo factor de riesgo principal de mortalidad y la tercera causa de muerte de más rápido crecimiento en el mundo (Levey et al., 2022; Vivante, 2024). Se proyecta que para el año 2040, la ERC será la quinta causa más importante de años de vida perdidos a nivel global.

Esta patología afecta aproximadamente a 700 millones de personas, lo que se traduce en una prevalencia global superior al 10%, concentrándose la mayoría de los casos en países de ingresos bajos y medianos bajos. En naciones de ingresos altos, hasta 1 de cada 3 personas con diabetes y 1 de cada 5 con hipertensión padecen esta condición. De esta población, una proporción significativa progresa hacia la enfermedad renal crónica en estadio terminal (ERCT), una condición devastadora en la que la pérdida de la función renal exige terapia de reemplazo para la supervivencia, con una prevalencia que afecta a un 11% de la población adulta en los Estados Unidos (Ngamvichchukorn et al., 2022; Levey et al., 2022; Vivante, 2024).

En el contexto mexicano, el impacto de la ERC es particularmente importante. Se estima que existen aproximadamente 14.5 millones de personas con enfermedad renal crónica, con una prevalencia calculada de aproximadamente 12.2%. Esta cifra conlleva una gran cantidad de pacientes que requieren terapia de reemplazo renal, generando una creciente demanda de atención especializada y recursos sanitarios. El diagnóstico y seguimiento de esta entidad se basan en la evaluación de biomarcadores como la tasa de filtrado

glomerular estimada (TFGe) y la albuminuria, herramientas esenciales para cuantificar la función renal y el daño parenquimatoso (Levey et al., 2022).

II.2 Alternativas terapéuticas y trasplante renal

Frente a la ERCT, las opciones terapéuticas principales son la diálisis (hemodiálisis o peritoneal) y el trasplante renal. El trasplante, ya sea de donante fallecido o vivo, es reconocido universalmente como el tratamiento de elección en candidatos adecuados, ya que ofrece a los receptores una mejor supervivencia, menor morbilidad y una calidad de vida sustancialmente superior en comparación con la diálisis (Hariharan et al., 2021; Valentin et al., 2021; Ngamvichchukorn et al., 2022; López-Abad et al., 2024).

En términos de supervivencia, los pacientes trasplantados pueden vivir entre 10 y 15 años más en comparación con aquellos que permanecen en terapia dialítica, dependiendo de la edad, comorbilidades y características del injerto. La expectativa de función del injerto renal de donador vivo suele superar los 12 años en promedio, mientras que un injerto de donador fallecido se sitúa alrededor de 9 a 11 años. A nivel global, la Organización Nacional de Trasplantes (ONT) reportó en 2023 la realización de más de 171 mil trasplantes de órganos, de los cuales 110,563 fueron de riñón, consolidándose como el órgano más trasplantado en el mundo.

Particularmente, el trasplante de donante vivo (TDRV) se destaca por proporcionar resultados significativamente superiores, incluyendo una mejor supervivencia del injerto y del paciente, y una menor tasa de rechazo agudo (Silva et al., 2020; Ebad et al., 2021; Hiramitsu et al., 2021; Valentin et al., 2021). Estas ventajas se atribuyen a factores como un menor tiempo de isquemia, una evaluación preoperatoria más exhaustiva y la posibilidad de realizar un trasplante preventivo (Torreggiani et al., 2021; López-Abad et al., 2024). No obstante, el éxito del trasplante es multifactorial y está influenciado por la compatibilidad

inmunológica, las características del donante y del receptor, y las variables quirúrgicas (Ebad et al., 2021; Hariharan et al., 2021; Hiramitsu et al., 2023; Kyaw et al., 2025).

II.3 Factores pronósticos no inmunológicos y características del donante

El resultado de un trasplante renal es producto de una compleja interacción de variables y no depende únicamente de la compatibilidad inmunológica o del régimen inmunosupresor. La incidencia de rechazo agudo al primer año con la inmunosupresión moderna se ubica típicamente entre un 6 y 10%, según reportes recientes (OPTN/SRTR 2022–2023). Sin embargo, diversos factores no inmunológicos influyen en la supervivencia del injerto, destacando la edad del donante, la presencia de comorbilidades, el tiempo de isquemia fría y las características morfológicas del riñón donado (Açıkgöz y Akıncı, 2023; Hiramitsu et al., 2023; Kyaw et al., 2025).

La edad del donante es uno de los predictores más importantes de la función a largo plazo. Aunque la donación de riñones de donantes de edad avanzada (mayores de 70 años) puede llevar a una TFGe más baja en el receptor y presentar una menor reserva funcional, sigue siendo una mejor opción en términos de supervivencia del paciente que permanecer en diálisis (Redondo-Pachón, 2020; Hiramitsu et al., 2021; Torreggiani et al., 2021; López-Abad et al., 2024).

Asimismo, los tiempos de isquemia prolongados, tanto fría como caliente, se han asociado con peores resultados. El trasplante de donante vivo mitiga este riesgo, permitiendo una función inmediata del injerto (Vasconcelos Ordones et al., 2019; Torreggiani et al., 2021; López-Abad et al., 2024). Otra complicación relevante es la disfunción retardada del injerto (DGF), que se asocia con un mayor

riesgo de rechazo agudo y pérdida del injerto (Hariharan et al., 2021; Ngamvichchukorn et al., 2022).

II. 4 La importancia de la dosificación de nefronas y el volumen renal

Las características antropométricas del receptor pueden condicionar la evolución del trasplante, especialmente cuando existe una desproporción significativa entre el tamaño del injerto y las demandas metabólicas del paciente, fenómeno conocido como "mismatching" (Açıkgöz y Akıncı, 2023; Mg et al., 2025). Un bajo índice de masa corporal (IMC) en el receptor puede impactar negativamente la supervivencia del aloinjerto, y la adecuación del tamaño del injerto es un componente esencial de la evaluación (Qiu et al., 2020; Hariharan et al., 2021; Hein et al., 2024).

Este fenómeno se explica a través del concepto de "dosificación de nefronas", el cual establece que la función a largo plazo de un injerto depende del número de nefronas funcionales trasplantadas en relación con las necesidades metabólicas del receptor (Qiu et al., 2020; Ebad et al., 2021; Mahdavi et al., 2023). El volumen del riñón se ha establecido como un marcador sustituto fiable de esta masa nefronal. Según la hipótesis de reserva funcional, un mayor volumen renal proporciona mayor capacidad adaptativa.

Cuando se trasplanta un riñón con una masa de nefronas subóptima (un riñón pequeño en un receptor con gran demanda), las nefronas restantes entran en un estado de hiperfiltración compensatoria. Aunque esto mantiene una TFGe adecuada inicialmente, la teoría de Brenner sugiere que el estrés hemodinámico crónico conduce a daño progresivo, glomerulosclerosis focal y segmentaria, y eventualmente al fallo del injerto (Qiu et al., 2020; Hiramitsu et al., 2023; Kyaw et al., 2025).

La evidencia ha demostrado consistentemente que la relación entre el volumen del injerto y las características antropométricas del receptor (como peso e IMC) es un predictor más robusto de la función post-trasplante que el volumen absoluto del riñón. Estudios recientes han confirmado correlaciones significativas entre el volumen renal indexado al peso corporal y el aclaramiento de creatinina a corto y mediano plazo (Nunes-Carneiro et al., 2020; Qiu et al., 2020; Silva et al., 2020; Açıkğöz y Akıncı, 2023; Khosravi Mokhtari et al., 2023; Mahdavi et al., 2023; Hein et al., 2024).

II. 5 Métodos de estimación del volumen del injerto

Diversos métodos han sido utilizados para estimar el volumen del injerto, cada uno con ventajas y limitaciones:

- Ultrasonido (USG): Técnica económica y no invasiva, ampliamente disponible. Permite calcular dimensiones lineales y estimar volumen, aunque su precisión depende del operador (Yun et al., 2022; Kim et al., 2023; Yun et al., 2023).
- Tomografía computarizada (TAC) y AngioTAC: Preferida para la evaluación preoperatoria de donantes vivos por su alta fiabilidad. Permite estimaciones volumétricas precisas en 3D y ha demostrado ser superior a la gammagrafía para predecir la función renal post-donación y post-trasplante (Ebad et al., 2021; Eum et al., 2022; Almeida et al., 2023; Radiology, 2023; Sommacale et al., 2023; Kyaw et al., 2025).
- Resonancia magnética (RM): Considerada de referencia por su reproducibilidad y ausencia de radiación, con buena correlación con la TFGe, aunque limitada por su disponibilidad y costo

(Takahashi et al., 2022; Mahdavi et al., 2023; Cho et al., 2024; Kline et al., 2024).

- Medidas físicas intraoperatorias: Más recientemente, se ha explorado la utilidad de tomar medidas directas del injerto durante la cirugía (largo, ancho, grosor) para calcular el volumen mediante la fórmula del elipsoide (o aproximación de Dinkel: $V = DL \times DT \times DAP \times 0.532$). Este método es rutinario, reproducible y sin costo adicional (Triñanes et al., 2021; Ngamvichchukorn et al., 2022).

II.6 Evaluación funcional y contexto del estudio

Para el seguimiento de la función renal post-trasplante, el uso de fórmulas de tasa de filtrado glomerular estimada (TFGe) es fundamental y ampliamente aceptado (Levey et al., 2022). La función renal a los 3 meses se considera un predictor sólido de la supervivencia del injerto a largo plazo, ya que permite capturar una etapa crítica de la adaptación funcional, influenciada por la dosificación de nefronas, la edad del donante y eventos como el rechazo agudo (Torreggiani et al., 2021; Takahashi et al., 2022; Kyaw et al., 2025; Shukla et al., 2025).

En México, datos del Centro Nacional de Trasplantes (CENATRA) ilustran la creciente demanda de órganos en contraposición a una oferta limitada. Actualmente, hay 16,675 pacientes en espera de un trasplante renal. En 2024 se efectuaron aproximadamente 2,723 trasplantes renales a nivel nacional, y en Querétaro se registró un total de 65 procedimientos. Esta situación subraya la necesidad crítica de optimizar cada trasplante realizado para maximizar su éxito (Redondo-Pachón, 2020; CENATRA, 2024).

A pesar de que el volumen renal ha sido estudiado mediante técnicas de imagen, existe escasa información sobre el valor predictivo de las medidas físicas

obtenidas directamente en quirófano. La correlación entre el volumen renal medido físicamente y la TFGe resulta relevante en nuestro medio, donde los estudios de imagen volumétrica avanzada no siempre son accesibles. Al integrar la dosificación de nefronas (relación volumen/peso) mediante mediciones intraoperatorias sencillas, se podría contar con una herramienta pronóstica adicional para la estratificación de riesgo y la toma de decisiones clínicas, contribuyendo así a mejorar la supervivencia del injerto en un contexto de recursos limitados y alta demanda (Silva et al., 2020).

III. Fundamentación teórica

La base fisiológica de este estudio se sustenta en la hipótesis de la masa nefronal y la teoría de la hiperfiltración de Brenner. El concepto de "dosificación de nefronas" establece que la función a largo plazo de un injerto depende del número de nefronas funcionales trasplantadas en relación con las necesidades metabólicas del receptor.

Cuando se trasplanta un riñón con una masa nefronal subóptima (un riñón pequeño para un receptor de gran tamaño), las nefronas restantes sufren una adaptación hemodinámica caracterizada por hiperfiltración e hipertensión glomerular. Si bien este mecanismo compensatorio permite mantener una tasa de filtrado glomerular adecuada en el corto plazo, el estrés mecánico crónico conduce eventualmente a proteinuria, glomeruloesclerosis focal y segmentaria, y a la pérdida progresiva de la función del injerto.

El volumen renal se utiliza como un marcador sustituto (surrogado) de la masa nefronal total. Por lo tanto, su medición y su indexación a parámetros antropométricos del receptor (peso, IMC, superficie corporal) permiten estimar el riesgo de hiperfiltración deletérea. La evaluación de la función renal a los 3 meses es crítica, ya que representa un punto de estabilidad temprana donde ya se han resuelto gran parte de los eventos agudos post-quirúrgicos, y la TFGe refleja la capacidad funcional adaptativa del injerto.

IV. Hipótesis

- Hipótesis nula (H0): No existe correlación entre el volumen del injerto renal (V), obtenido mediante mediciones físicas en quirófano previo al trasplante, y la tasa de filtrado glomerular estimada (TFGe) a los 3 meses post-trasplante en pacientes del Hospital General de Querétaro.
- Hipótesis alterna (H1): Existe una correlación positiva entre el volumen del injerto renal (V), obtenido mediante mediciones físicas en quirófano previo al trasplante, y la tasa de filtrado glomerular estimada (TFGe) a los 3 meses post-trasplante en pacientes del Hospital General de Querétaro.
- H02: Ninguno de los índices V/peso, V/IMC ni V/superficie corporal (SC) del receptor se correlaciona de forma significativa con la TFGe a los 3 meses.
- H12: Al menos uno de los índices V/peso, V/IMC o V/SC se correlaciona positivamente y de forma significativa con la TFGe a los 3 meses.

V. Objetivos

V.1 Objetivo general

Determinar la correlación entre el volumen del injerto renal, obtenido mediante mediciones físicas en quirófano previo al trasplante, y la tasa de filtrado glomerular estimada a los 3 meses post-trasplante en receptores de trasplante renal en el Hospital General de Querétaro.

V.2 Objetivos específicos

- Calcular el volumen del injerto renal a partir de mediciones físicas directas realizadas en quirófano antes del trasplante que estén registradas en el expediente.
- Estimar la tasa de filtrado glomerular de los receptores a los 3 meses post-trasplante mediante fórmulas basadas en creatinina sérica (CKD-EPI).
- Determinar la correlación entre el volumen del injerto renal y la tasa de filtrado glomerular estimada a los 3 meses post-trasplante.
- Calcular los índices de volumen del injerto renal con el peso del receptor (V/P).
- Calcular los índices de volumen del injerto renal con el índice de masa corporal del receptor (V/IMC).
- Calcular los índices de volumen del injerto renal con la superficie corporal del receptor (V/SC).
- Determinar la correlación entre los índices de volumen del injerto renal (volumen/peso, volumen/IMC y volumen/superficie corporal) con la tasa de filtrado glomerular estimada a los 3 meses.

- Describir características sociodemográficas y antropométricas de la población a estudiar; sexo y edad, peso, talla, índice de masa corporal, superficie corporal.

VI. Material y métodos

VI.1 Tipo de investigación

Es un estudio observacional, analítico, de tipo cohorte retrospectiva con análisis correlacional.

VI.2 Población

Expedientes clínicos de receptores de trasplante renal (donador vivo o fallecido) con mediciones físicas del injerto registradas en quirófano y TFGe disponible a los 3 meses en el Hospital General de Querétaro. En un periodo de estudio de 2022 a 2025.

VI.3 Muestra y tipo de muestreo

El tamaño de muestra se estimó con G*Power 3.1.9.7 (Universidad de Düsseldorf), bajo el supuesto de detectar una correlación entre el volumen del injerto renal (medido intraoperatoriamente) y la TFGe a los 3 meses, determinando un tamaño del efecto de $(r) = 0.3$ para que este sea mediano, nivel de significancia $(\alpha) = 0.05$ y potencia estadística $(1 - \beta) = 0.8$. Dando un tamaño muestral de 85 pacientes.

Se utilizará un muestreo no probabilístico por conveniencia.

VI.3.1 Criterios de selección

Las unidades de observación fueron cada expediente clínico correspondiente a un paciente receptor de trasplante renal en el Hospital General de Querétaro, en quienes se cumplieron las siguientes condiciones:

- Se documentaron las medidas físicas del injerto renal en quirófano (para calcular volumen).

- Se registraron datos clínicos y antropométricos del receptor (peso, IMC, superficie corporal).
- Se cuenta con resultado de creatinina sérica a los 3 meses post-trasplante (para estimar TFGe)

VI.3.1.1 Criterios de inclusión

Expedientes de pacientes sometidos a un trasplante renal de donante vivo o fallecido en el Hospital General de Querétaro entre enero de 2022 y marzo 2025, con registro de mediciones físicas completas del injerto renal intraoperatoriamente en expediente y creatinina sérica disponible a los 90 días post trasplante para calcular la tasa de filtrado glomerular estimada.

VI.3.1.2 Criterios de exclusión

- Expedientes de pacientes con retrasplante o pérdida del injerto antes de los tres meses.
- Expedientes de pacientes sometidos a trasplante renal en los que no se registraron mediciones físicas del injerto en quirófano.

VI.3.1.3 Criterios de eliminación:

- Expedientes con inconsistencias graves o imposibilidad de verificación
- Expediente de paciente no encontrado durante el periodo de recolección de datos.
- Expedientes con datos incompletos que impidan calcular el volumen renal, las variables antropométricas o la TFGe.
- Muerte del receptor antes de los 3 meses post-trasplante.

VI.3.2 Variables estudiadas

Variable	Definición conceptual.	Definición operacional.	Tipo de variable y escala de medición.	Indicador o unidad de medida.	Fuente
Volumen del injerto renal (V)	Tamaño tridimensional del riñón donado, reflejo de su masa parenquimatosa	Cálculo a partir de medidas físicas intraoperatorias (largo, ancho, grosor) con fórmula de elipsoide (Dinkel): $V = 0.532 \times \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{grosor}$. Medidas en centímetros; volumen reportado en mililitros.	Cuantitativa continua	mL.	Expediente clínico
índice volumen/peso (V/peso)	Relación del volumen del injerto respecto a la masa corporal del receptor.	Cociente entre el volumen del injerto (mL) y el peso del receptor medido al momento del trasplante o ingreso: $V \text{ (mL)} / \text{peso (kg)}$.	Cuantitativa continua	mL/kg	Expediente clínico
índice volumen/IMC (V/IMC)	Relación del volumen del injerto respecto a la adiposidad del receptor.	Cociente entre el volumen del injerto (mL) y el IMC del receptor calculado como $\text{peso(kg)} / \text{talla(m)}^2$.	Cuantitativa continua	mL/(kg/m ²)	Expediente clínico
índice volumen/superficie corporal (V/SC)	Relación del volumen del injerto respecto a la superficie corporal del receptor.	Cociente entre el volumen del injerto (mL) y la superficie corporal del receptor (SC) estimada con fórmula de Dubois y Dubois.	Cuantitativa continua	mL/m ²	Expediente clínico
TFGe a 3 meses (desenlace principal)	Estimación de la tasa de filtrado glomerular del receptor a los 3 meses post-trasplante.	Cálculo con ecuación CKD-EPI 2021 basada en creatinina; creatinina sérica tomada en ventana 90 días post-trasplante.	Cuantitativa continua	mL/min/1.73 m ²	Expediente clínico
Creatinina sérica	Concentración de creatinina en suero del receptor.	Determinación de laboratorio estandarizada; se utiliza el valor más cercano dentro de 90 ± 15 días post-trasplante para estimar TFGe.	Cuantitativa continua	mg/dL	Expediente clínico
Peso del receptor	Masa corporal	Registro en kg al	Cuantitativa	kg	Expediente clínico

	del paciente receptor.	momento del trasplante o durante la hospitalización del mismo episodio.	continua		
Talla del receptor	Estatura del paciente receptor.	Medición en centímetros en la última valoración preoperatoria disponible.	Cuantitativa continua	cm	Expediente clínico
IMC del receptor	Índice de masa corporal como aproximación de adiposidad del receptor.	Cálculo como peso(kg)/talla(m) ² con los registros más cercanos al trasplante.	Cuantitativa continua	kg/m ²	Expediente clínico
Superficie corporal (SC) del receptor	Área total de la superficie corporal del receptor.	Se calculará a partir del peso y la talla mediante la fórmula de Dubois y Dubois.	Cuantitativa continua	m ²	Expediente clínico
Tipo de donación	Clasificación del origen del injerto.	Vivo vs fallecido.	Variable cualitativa nominal	Donador vivo o fallecido	Expediente clínico
Inducción inmunosupresora	Terapia de inducción administrada al trasplante para reducir rechazo.	Registro de fármaco(s) de inducción (p. ej., basiliximab, ATG, ninguno).	Categoría nominal	Categorías	Expediente clínico
Edad del receptor.	Tiempo que ha vivido una persona.	Cifra descrita por el paciente según su fecha de nacimiento.	Variable cuantitativa continua.	Años	Expediente clínico
Sexo del receptor.	Características biológicas y fisiológicas que distinguen a los individuos como masculinos o femeninos, típicamente determinadas por sus cromosomas sexuales, órganos reproductivos y características hormonales.	Se registrará como variable dicotómica (masculino/femenino), según lo declarado por el participante o lo registrado en el expediente clínico.	Variable cualitativa nominal	Masculino o femenino	Expediente clínico

VI.4 Técnicas e instrumentos

Para la obtención de la información se utilizó la técnica de revisión documental retrospectiva. Las fuentes primarias de información fueron los expedientes clínicos físicos y electrónicos resguardados en el archivo del Hospital General de Querétaro.

Como instrumento de recolección, se diseñó y empleó una hoja de recolección de datos creada exprofeso para esta investigación. En dicho instrumento se registraron las variables demográficas, antropométricas, quirúrgicas y bioquímicas de interés.

1. Datos demográficos y antropométricos del receptor: Edad, sexo, peso (kg), talla (m) e índice de Masa Corporal (IMC).
2. Datos del donante: Edad y sexo.
3. Variables quirúrgicas: Medidas físicas del injerto renal reportadas en la nota postoperatoria (longitud, ancho y grosor en centímetros) del injerto.
4. Variables bioquímicas: Creatinina sérica a los 3 meses post-trasplante.

Para el cálculo de las variables principales se emplearon las siguientes fórmulas estandarizadas:

- Volumen del injerto renal: Se calculó mediante la fórmula del elipsoide (aproximación de Dinkel) utilizando las medidas físicas directas (longitud, ancho y grosor) reportadas en la nota quirúrgica:
 - $\text{Volumen} = \text{Longitud} \times \text{Ancho} \times \text{Grosor} \times 0.532$
- Tasa de Filtrado Glomerular estimada (TFGe): Se calculará mediante la ecuación CKD-EPI 2021 (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration), utilizando los valores de creatinina sérica a los 3 meses, edad y sexo del paciente.

- Superficie Corporal (SC): Se calculó utilizando la fórmula de DuBois y DuBois a partir del peso y la talla del receptor.

VI.5 Procedimientos

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo siguiendo una secuencia sistematizada de actividades:

1. Aprobación y registro: Una vez concluido el diseño del protocolo, se presentó y obtuvo la aprobación por parte del Comité de Investigación y Ética del Hospital General de Querétaro. Posteriormente, se solicitó y obtuvo el registro correspondiente ante la Coordinación de Posgrado de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.
2. Acceso a fuentes de información: Se acudió al departamento de archivo clínico del Hospital General de Querétaro, donde se solicitó la autorización y el acceso para recabar los expedientes de los pacientes que cumplieron con los criterios de selección previamente establecidos.
3. Recolección de datos: Se seleccionaron los expedientes de los pacientes trasplantados dentro del periodo de estudio. Se procedió a la revisión exhaustiva de las notas quirúrgicas para extraer las medidas físicas del injerto renal, así como de los reportes de laboratorio para obtener los valores de creatinina al ingreso y a los 3 meses post-trasplante. Asimismo, se tomaron los datos antropométricos (peso y talla) de las notas de ingreso o pre-anestésicas.
4. Procesamiento de datos: La información recolectada se vació en una base de datos digital diseñada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. En esta plataforma se programaron las fórmulas necesarias para calcular de manera automática los índices antropométricos, la

Tasa de Filtrado Glomerular estimada (TFGe), el índice de Masa Corporal (IMC), la superficie corporal y el volumen renal.

VI.5.1 Análisis estadístico

La información procesada en la hoja de recolección de datos se exportó y analizó utilizando el paquete estadístico SPSS versión 26 (Statistical Package for the Social Sciences). El plan de análisis se ejecutó de la siguiente manera:

Estadística descriptiva: Se realizó un análisis univariado para caracterizar a la población de estudio.

- Para las variables cuantitativas, se calcularon medidas de tendencia central (promedio/media) y medidas de dispersión (rango y desviación estándar).
- Para las variables cualitativas, se calcularon frecuencias absolutas y frecuencias relativas (porcentajes).

Determinación de normalidad: Previo al análisis inferencial, se evaluó la distribución de las variables cuantitativas mediante la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Se observó que las variables principales (volumen del injerto y tasa de filtrado glomerular) no seguían una distribución normal.

Estadística inferencial: Debido a la distribución no paramétrica de los datos, para determinar la relación entre el volumen del injerto renal y la tasa de filtrado glomerular estimada a los 3 meses, se utilizó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (ρ). Se consideró un nivel de significancia estadística para un valor de $p < 0.05$ con un intervalo de confianza del 95%.

Finalmente, los resultados se presentaron a través de tablas y gráficos de dispersión para su interpretación.

VI.5.2 Consideraciones éticas

La presente investigación se apegó estrictamente a los lineamientos éticos y normativos nacionales e internacionales vigentes. El estudio se alineó a los principios establecidos en el Código de Núremberg y la Declaración de Helsinki.

En el marco legal nacional, se cumplió con lo dispuesto en la Ley General de Salud (Título Quinto) y el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. De conformidad con el Artículo 17 de dicho reglamento, este trabajo se clasificó como una investigación sin riesgo, dado que consistió únicamente en la revisión retrospectiva de expedientes clínicos y no se realizó ninguna intervención intencionada sobre los pacientes.

Se garantizó en todo momento la confidencialidad y el anonimato de los datos personales de los participantes, utilizándose la información exclusivamente con fines académicos y de investigación. Para formalizar este compromiso, se entregó una carta de confidencialidad dirigida al Dr. Arturo García Balderas, director de la división de enseñanza y posgrado del Hospital General de Querétaro.

VII. Resultados

Durante el periodo de estudio comprendido entre 2022 y 2025, se revisaron los expedientes clínicos de los pacientes trasplantados en el Hospital General de Querétaro. Se incluyó una muestra final de 88 pacientes que cumplieron con los criterios de selección durante el periodo de estudio, superando el tamaño muestral mínimo calculado en el protocolo ($n=85$). A continuación, se describen las características de la población, del donante, del injerto y el análisis inferencial.

VII.1 Características demográficas y clínicas de los receptores

La muestra estuvo conformada por 88 receptores de trasplante renal. Se observó un predominio del sexo masculino con 62 pacientes (70.5%), mientras que 26 (29.5%) fueron del sexo femenino. La edad media de los receptores al momento del trasplante fue de 34.75 ± 9.35 años, con un rango de 19 a 64 años.

Respecto a las características antropométricas, los receptores presentaron un peso promedio de 65.29 ± 10.39 kg y una talla media de 1.65 ± 0.08 m. El índice de Masa Corporal (IMC) medio fue de 23.89 ± 3.11 kg/m², clasificando en promedio dentro del rango de peso normal, aunque se observó un rango amplio desde bajo peso hasta obesidad ($14.87 - 30.00$ kg/m²). La superficie corporal promedio fue de 1.72 ± 0.16 m².

En cuanto a la etiología de la enfermedad renal crónica (ERC), la causa fue desconocida en la mayoría de los casos (72.7%), seguida por la nefropatía diabética (9.1%) y la hipoplasia renal (8.0%). Previo al trasplante, el 67.0% de los pacientes se encontraba en hemodiálisis y el 33.0% en diálisis peritoneal, con un tiempo promedio de estancia en terapia de reemplazo de 38.7 ± 32.7 meses.

Las comorbilidades preexistentes más frecuentes en los receptores fueron la hipertensión arterial sistémica, presente en el 90.9% (n=80), seguida de dislipidemia en el 19.3% (n=17) y diabetes mellitus en el 10.2% (n=9).

Cuadro VII.1. Características sociodemográficas y clínicas de los receptores (n=88)

Variable Cuantitativa	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Edad (años)	34.75	9.36	19	64
Peso (kg)	65.29	10.39	40.0	94.0
Talla (m)	1.65	0.08	1.45	1.82
IMC (kg/m²)	23.89	3.11	14.87	30.00
Superficie Corporal (m²)	1.72	0.16	1.39	2.11
Tiempo en diálisis (meses)	38.70	32.68	4	144

Variable Cualitativa	Categoría	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Sexo	Masculino	62	70.5

	Femenino	26	29.5
<hr/>			
Etiología de la ERC	Desconocida	64	72.7
	Nefropatía Diabética	8	9.1
	Hipoplasia Renal	7	8.0
	Enfermedad Poliquística	4	4.5
	Otras (Glomerulopatía, HAS)	5	5.7
<hr/>			
Modalidad de Diálisis	Hemodiálisis	59	67.0
	Diálisis Peritoneal	29	33.0
<hr/>			
Comorbilidades	Hipertensión Arterial	80	90.9
	Dislipidemia	17	19.3

Diabetes Mellitus	9	10.2
--------------------------	----------	-------------

Fuente: Expediente clínico del Hospital General de Querétaro.

VII.2 Características del donador

En relación con el origen del injerto, el 54.5% de los procedimientos correspondió a donante vivo relacionado, seguido por donante cadavérico (31.8%) y donante vivo no relacionado (13.6%). La distribución por sexo del donante fue equitativa (50% hombres y 50% mujeres). La edad promedio del donador fue de 40.81 ± 13.22 años, con un rango de 18 a 67 años. Respecto al parentesco en donadores vivos, los hermanos (20.5%) y las madres (14.8%) fueron los donantes más frecuentes.

Cuadro VII.2. Características demográficas del donador (n=88)

Variable Cuantitativa	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Edad (años)	40.81	13.22	18	67
Variable Cualitativa	Categoría	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	
	Vivo Relacionado	48	54.5	
Tipo de Donador	Cadavérico	28	31.8	

	Vivo No Relacionado	12	13.6
Sexo	Masculino	44	50.0
	Femenino	44	50.0
Parentesco	Ninguno (Cadavérico/No rel.)	29	33.0
	Hermano/a	18	20.5
	Madre	13	14.8
	Cónyuge	12	13.6
	Padre	10	11.4
	Otro	6	6.8

Fuente: Expediente clínico del Hospital General de Querétaro.

VII.3 Características del injerto renal y procedimiento

Se analizaron las dimensiones morfométricas del injerto renal obtenidas intraoperatoriamente. El injerto promedio presentó una longitud de 11.52 ± 1.04 cm, un ancho de 6.26 ± 0.99 cm y un grosor de 4.74 ± 0.65 cm. A partir de estas medidas, el volumen renal calculado mostró una media de 181.17 ± 51.81 mL.

Al indexar el volumen renal a las características antropométricas del receptor, se obtuvo una media de 2.82 mL/kg para el índice Volumen/Peso y de

105.88 mL/m² para el índice Volumen/Superficie Corporal. En cuanto a la inmunosupresión, el esquema de inducción más utilizado fue la combinación de Basiliximab y Metilprednisolona (60.2%).

Cuadro VII.3. Características morfofuncionales del injerto renal y esquema de inducción (n=88)

Variable Morfométrica	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Largo del injerto (cm)	11.52	1.04	9.0	14.5
Ancho del injerto (cm)	6.26	0.99	4.5	9.0
Grosor del injerto (cm)	4.74	0.65	3.0	6.0
Volumen Renal Calculado (mL)	181.17	51.81	84.73	341.26
índice Volumen / Peso (mL/kg)	2.82	0.82	1.22	4.81
índice Volumen / IMC (mL/kg/m²)	7.68	2.22	3.44	13.45
índice Volumen / SC (mL/m²)	105.88	29.70	51.16	191.54

Variable Cualitativa	Categoría	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Esquema de Inducción	Basiliximab + Metilprednisolona	53	60.2
	Timoglobulina + Metilprednisolona	22	25.0
	Basiliximab únicamente	7	8.0
	Timoglobulina únicamente	6	6.8

Fuente: Expediente clínico del Hospital General de Querétaro.

VII.4 Función renal a los 3 meses post-trasplante

El desenlace principal evaluado fue la función del injerto a corto plazo. A los 3 meses post-trasplante, la media de creatinina sérica fue de 1.38 ± 0.45 mg/dL. La Tasa de Filtrado Glomerular estimada (TFGe) media mediante la fórmula CKD-EPI 2021 fue de 69.93 ± 21.09 mL/min/1.73 m², con un rango de 24.21 a 124.00 mL/min/1.73 m².

Cuadro VII.4. Función renal del receptor a los 3 meses post-trasplante (n=88)

Variable	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
----------	-------	----------------	--------	--------

Creatinina Sérica (mg/dL)	1.38	0.45	0.58	2.88
TFGe CKD-EPI (mL/min/1.73m²)	69.93	21.09	24.21	124.00

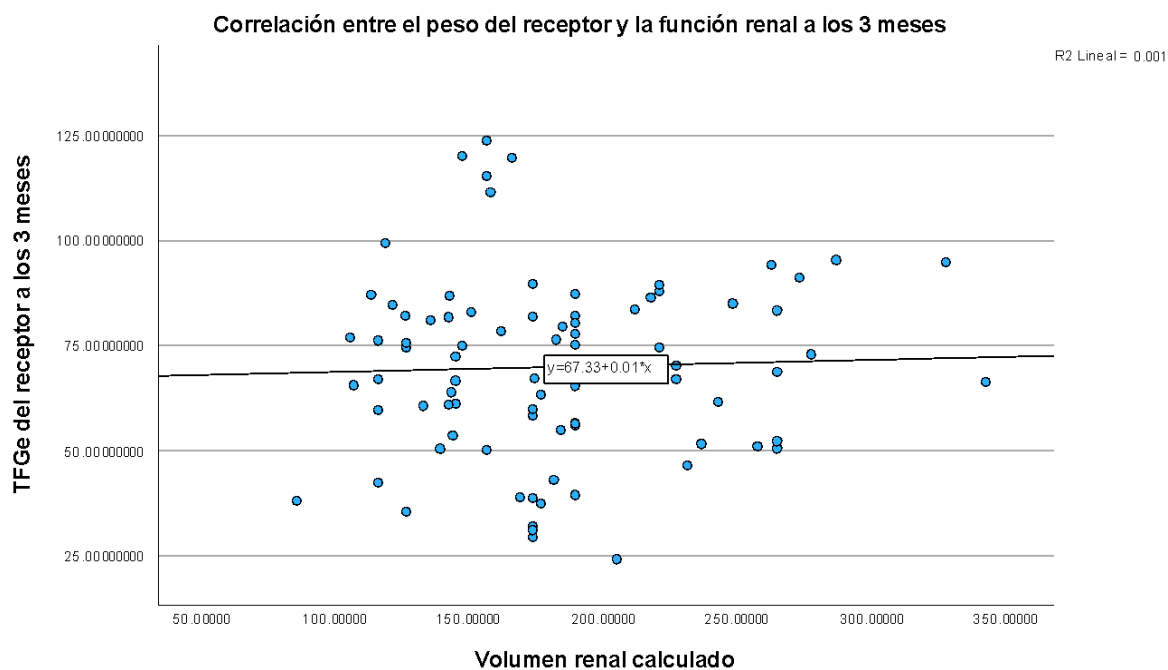
Fuente: Expediente clínico del Hospital General de Querétaro.

VII.5 Análisis Inferencial y Correlaciones

Para responder al objetivo general, se realizó un análisis de correlación de Spearman, dado que la variable de volumen renal no siguió una distribución normal (Kolmogorov-Smirnov $p < 0.05$).

Al analizar la relación entre el Volumen del Injerto Renal y la TFGe a los 3 meses, se obtuvo un coeficiente de correlación de $\rho = 0.029$ con un valor de $p = 0.788$. Estos resultados indican que no existe una correlación estadísticamente significativa entre el tamaño del riñón trasplantado y la función renal alcanzada al tercer mes en la población estudiada, como se observa en la Figura 1.

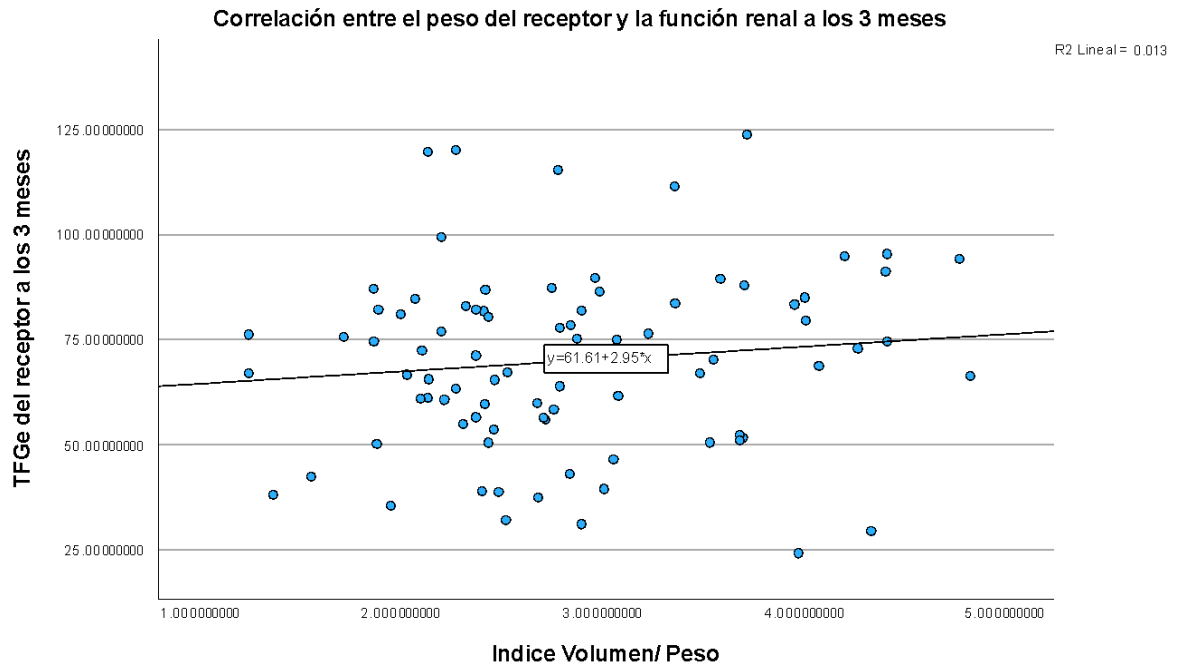
Figura 1. Gráfico de dispersión entre Volumen Renal Calculado y TFGe a 3 meses.



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis estadístico en SPSS v.26.

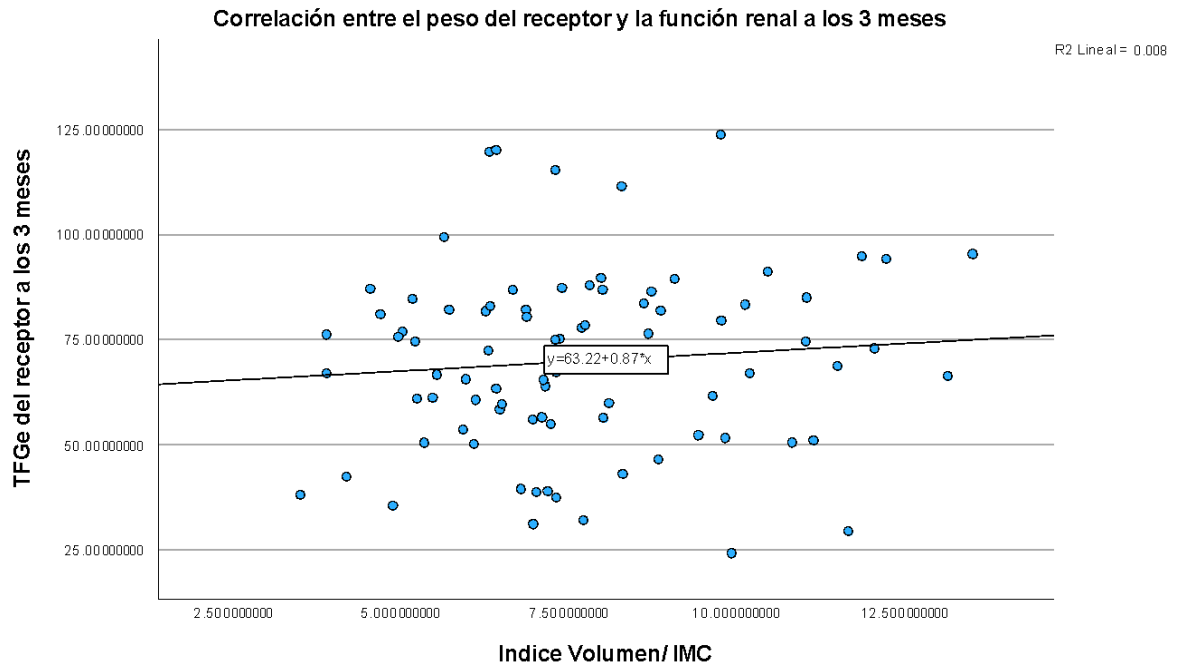
De igual manera, se analizaron los índices de "dosificación de nefronas" (volumen indexado). No se encontraron correlaciones significativas entre la TFGe a los 3 meses y el índice Volumen/Peso ($\rho = 0.116$, $p = 0.283$), Volumen/IMC ($\rho = 0.111$, $p = 0.305$) ni Volumen/Superficie Corporal ($\rho = 0.088$, $p = 0.413$). Lo cual se muestra en las figuras 2, 3 y 4 respectivamente.

Figura 2. Gráfico de dispersión entre el índice volumen/peso y TFGe a 3 meses.



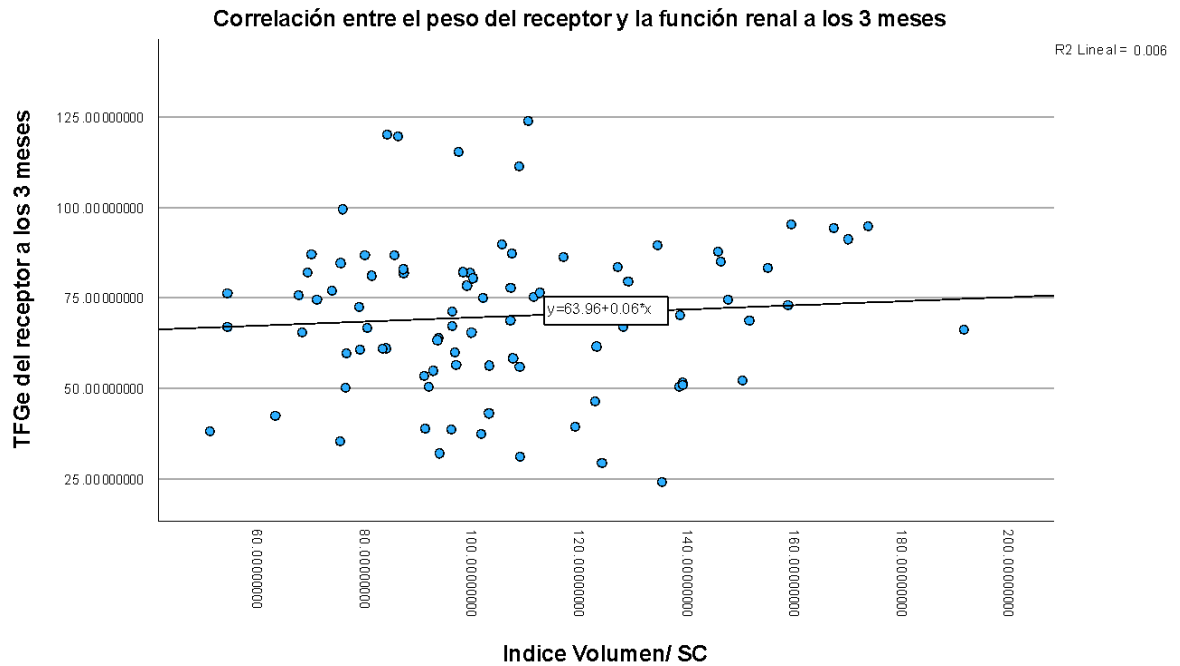
Fuente: Elaboración propia a partir del análisis estadístico en SPSS v.26.

Figura 3. Gráfico de dispersión entre índice Volumen/IMC y TFGe a 3 meses.



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis estadístico en SPSS v.26.

Figura 4. Gráfico de dispersión entre índice Volumen/Superficie corporal y TFGe a 3 meses.

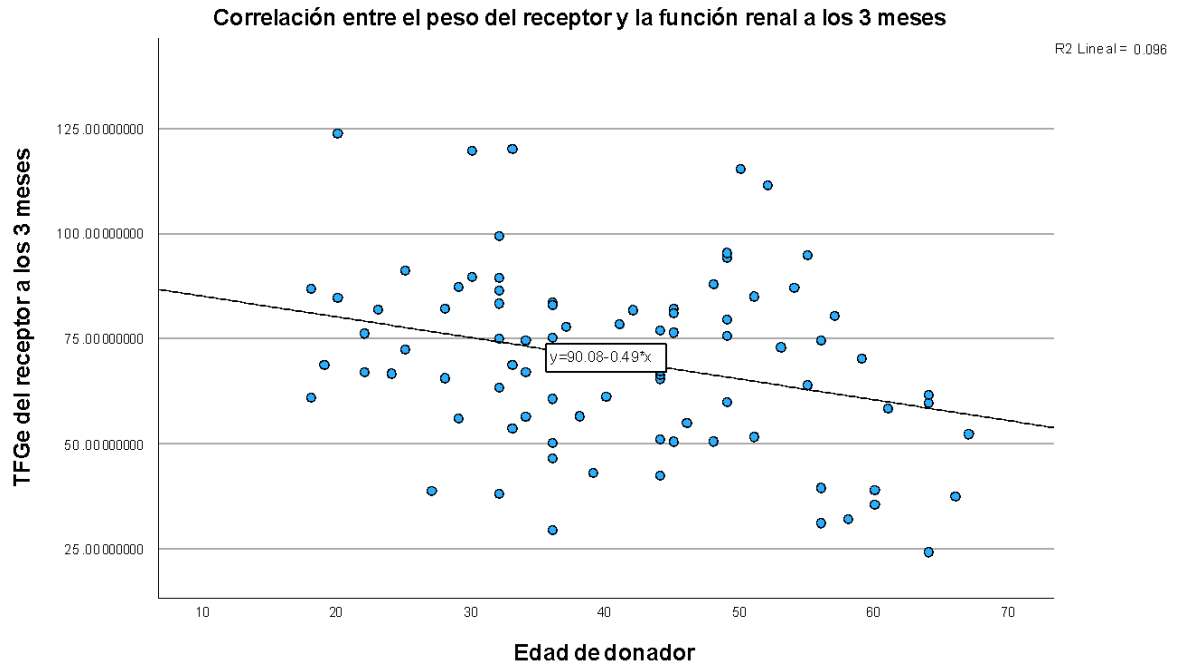


Fuente: Elaboración propia a partir del análisis estadístico en SPSS v.26.

Aunque la hipótesis principal no mostró significancia, el análisis exploratorio de otras variables reveló correlaciones significativas con la función renal post-trasplante.

Se encontró una correlación negativa significativa entre la Edad del Donador y la TFGe a los 3 meses ($\rho = -0.292$, $p = 0.006$). Esto indica que a mayor edad del donante, menor fue la tasa de filtrado glomerular alcanzada por el receptor. En la Figura 5 se aprecia la tendencia descendente, indicando que a mayor edad del donante, disminuye la función renal alcanzada.

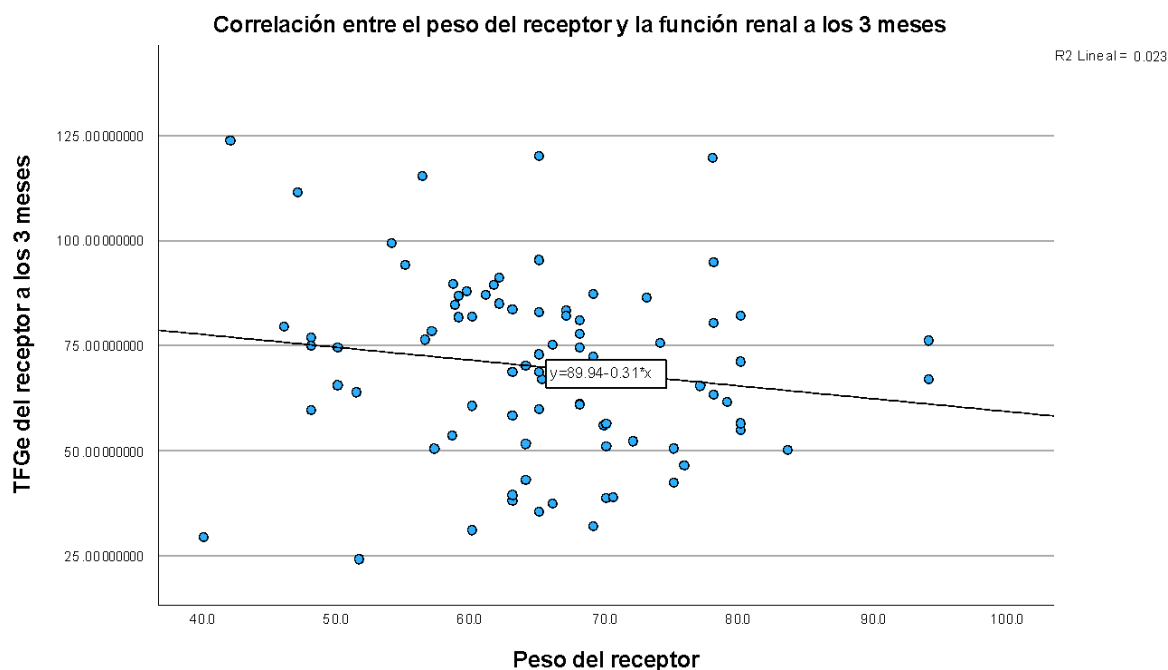
Figura 5. Gráfico de dispersión entre edad del donador y TFGe a 3 meses.



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis estadístico en SPSS v.26.

Asimismo, se observó una correlación negativa significativa entre el Peso del Receptor y la TFGe a los 3 meses ($\rho = -0.229$, $p = 0.032$), sugiriendo que los receptores con mayor peso corporal tendieron a presentar una menor tasa de filtrado glomerular estimada.

Figura 6. Gráfico de dispersión entre peso del receptor y TFGe a 3 meses.



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis estadístico en SPSS v.26.

El resumen del análisis inferencial mediante la prueba de Spearman se detalla en el Cuadro VII.5. En este se contrastan los valores de coeficiente de correlación (ρ) y la significancia estadística (valor p) para cada una de las variables estudiadas respecto a la función renal.

Cuadro VII.5. Correlación de Spearman entre variables morfofuncionales y la TFGe a los 3 meses

Variable Correlacionada con TFGe 3 meses	Coefficiente de Correlación (Rho)	Valor p (Sig.)	Interpretación
Volumen del Injerto Renal	0.029	0.788	No significativa

índice Volumen / Peso	0.116	0.283	No significativa
índice Volumen / IMC	0.111	0.305	No significativa
índice Volumen / SC	0.088	0.413	No significativa
Edad del Donador	-0.292	0.006	Significativa
Peso del Receptor	-0.229	0.032	Significativa

Fuente: Elaboración propia basada en análisis estadístico.

VIII. Discusión

El trasplante renal es el tratamiento de elección para la enfermedad renal crónica terminal, y optimizar la longevidad del injerto es una prioridad clínica. La hipótesis de la "dosificación de nefronas" propuesta por Brenner sugiere que una masa nefronal insuficiente para las demandas metabólicas del receptor conduce a hiperfiltración, glomeruloesclerosis y pérdida acelerada de la función. Bajo esta premisa, el presente estudio tuvo como objetivo determinar si el volumen del injerto renal, estimado mediante medidas físicas intraoperatorias, se correlaciona con la tasa de filtrado glomerular estimada (TFGe) a los 3 meses post-trasplante.

El hallazgo principal de esta investigación fue la ausencia de una correlación estadísticamente significativa entre el volumen del injerto renal (calculado con la fórmula del elipsoide) y la función renal a corto plazo ($\rho = 0.029$, $p = 0.788$). Este resultado contrasta con lo reportado por Ebad et al. (2021) y Kyaw et al. (2025), quienes observaron que un mayor volumen renal se asociaba positivamente con una mejor TFGe post-trasplante. Sin embargo, es fundamental destacar que dichos estudios emplearon volumetría por Tomografía Computarizada (TAC), un método que cuantifica con precisión el parénquima funcional excluyendo el seno renal y la grasa perirrenal. En contraste, nuestro estudio utilizó mediciones físicas directas (largo, ancho, grosor), un método que, aunque accesible y sin costo adicional, carece de estandarización interobservador y puede sobreestimar el volumen funcional al incluir estructuras no parenquimatosas, lo que podría diluir la correlación observada.

Los resultados de esta investigación son congruentes con hallazgos recientes como los de Shukla et al. (2025), quienes en una cohorte de 130 receptores tampoco encontraron una asociación significativa entre la relación volumen/peso y la TFGe, sugiriendo que, en la era de la inmunosupresión moderna, otros factores podrían tener un peso mayor que la masa nefronal bruta estimada físicamente. A diferencia de Vasconcelos-Ordones et al. (2019), quienes

hallaron utilidad predictiva en las medidas de banco para la función al año, nuestro corte a los 3 meses podría estar influenciado por fenómenos de adaptación temprana o hiperfiltración compensatoria que enmascaran la relación lineal en el corto plazo.

A pesar de la falta de correlación con el volumen, nuestro análisis confirmó dos determinantes pronósticos clásicos, validando la consistencia clínica de nuestra cohorte. En primer lugar, se documentó una correlación negativa significativa entre la edad del donador y la función renal del receptor ($\rho = -0.292$, $p = 0.006$). Esto coincide plenamente con la literatura internacional, como lo describe Hiramitsu et al. (2021), quienes establecen que la edad avanzada del donante se asocia a nefrosclerosis senil y menor reserva funcional, siendo uno de los predictores más robustos de menor TFGe a largo plazo.

En segundo lugar, encontramos que el peso del receptor influyó negativamente en la función del injerto ($\rho = -0.229$, $p = 0.032$). Este hallazgo respalda la relevancia del "mismatch" entre oferta y demanda metabólica. Como señalan Açıkgöz y Akıncı (2023) y Mg et al. (2025), los receptores con mayor peso corporal o índice de masa corporal (IMC) imponen una mayor carga metabólica al injerto único, lo que resulta en una menor TFGe relativa. Aunque en nuestro estudio el índice matemático "Volumen/Peso" no fue significativo, la relación inversa aislada del peso corporal sugiere que la obesidad o el sobrepeso del receptor siguen siendo factores de riesgo modificables importantes para la función del injerto.

Entre las limitaciones del estudio se encuentran su diseño retrospectivo y unicéntrico, la recolección de datos dependió de registros en expedientes físicos donde la técnica de medición del injerto no estaba estandarizada, existiendo variabilidad entre distintos cirujanos. Otra limitación fue que el uso de la creatinina sérica para estimar la TFG, puede verse afectada por la masa muscular del paciente. Además, el seguimiento se limitó a 3 meses debido a la falta de

continuidad en los registros de largo plazo en el sistema previo a la digitalización reciente del hospital. Futuros estudios prospectivos con protocolos de medición estandarizados podrían esclarecer mejor el papel del volumen físico como herramienta pronóstica.

En conclusión, si bien el volumen renal estimado físicamente no demostró ser un predictor lineal directo de la función a los 3 meses en esta población, la edad del donante y el peso del receptor se confirmaron como variables críticas. Esto sugiere que la evaluación pronóstica debe integrar múltiples características clínicas del binomio donador-receptor más allá de la morfometría aislada.

IX. Conclusiones

Se determinó que el volumen del injerto renal, calculado mediante mediciones físicas intraoperatorias, no presenta una correlación estadísticamente significativa con la tasa de filtrado glomerular estimada (TFGe) a los 3 meses post-trasplante en la población estudiada. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se concluye que el tamaño físico del riñón, medido con técnica manual estándar, no es un predictor lineal de la función renal temprana en nuestro medio.

La indexación del volumen renal a las variables antropométricas del receptor (relaciones Volumen/Peso, Volumen/IMC y Volumen/Superficie Corporal) no demostró ser una herramienta útil para predecir la función del injerto a corto plazo. Esto sugiere que el concepto de "dosificación de nefronas", cuando se basa en estimaciones físicas del volumen, no refleja con precisión la capacidad funcional del injerto frente a la demanda metabólica en los primeros meses de evolución.

A diferencia del volumen, se confirmó que la edad del donador y el peso del receptor son factores determinantes significativos. Se concluye que una mayor edad del donante y un mayor peso corporal del receptor impactan negativamente en la función renal alcanzada, validando la importancia clínica de la reserva funcional (edad) y la carga metabólica (peso) por encima de la morfometría aislada.

La ausencia de correlación sugiere que las mediciones físicas intraoperatorias (largo, ancho, grosor) poseen limitaciones intrínsecas, probablemente debido a la inclusión de estructuras no parenquimatosas (seno renal, grasa) y a la variabilidad interobservador, lo que les resta precisión pronóstica en comparación con los métodos radiológicos automatizados descritos en la literatura internacional.

Para la estratificación de riesgo y el pronóstico funcional a corto plazo en el Hospital General de Querétaro, la evaluación clínica del binomio (específicamente la edad del donante y el control de peso del receptor) resulta más relevante que la medición física del tamaño del injerto.

X. Propuestas

A partir de los hallazgos y las limitaciones detectadas en este estudio, se proponen las siguientes acciones:

- Estandarización del proceso de medición: Se sugiere implementar un protocolo estandarizado para la medición intraoperatoria del injerto en el Hospital General de Querétaro, definiendo claramente los ejes a medir y capacitando al personal quirúrgico para reducir la variabilidad interobservador.
- Control del peso pre-trasplante: Dado que el peso del receptor demostró ser un factor negativo para la función del injerto, se recomienda reforzar las estrategias nutricionales y de control de peso en los pacientes en lista de espera para optimizar los resultados post-trasplante.
- Transición a volumetría radiológica: En la medida de lo posible y conforme a la disponibilidad de recursos, se sugiere incorporar la medición del volumen renal mediante Tomografía Computarizada (TAC) en el protocolo de evaluación pre-quirúrgica de donadores vivos, ya que la evidencia externa sugiere que posee mayor precisión pronóstica que la medición física.
- Estudios de seguimiento a largo plazo: Se propone dar continuidad a esta línea de investigación ampliando el seguimiento de esta cohorte a 1 y 5 años, para determinar si el impacto de la masa nefronal se hace evidente a largo plazo, una vez superada la etapa de adaptación temprana.

X. Bibliografía

- Açıkgöz, O., & Akıncı, S. (2023). The predictive value of donor renal functions, graft weight, recipient body mass index, and human leucocyte antigen match regarding early graft functions. *Cureus*, 15(2), e35438. <https://doi.org/10.7759/cureus.35438>
- Almeida, M., Pereira, P. R., Ramos, M., et al. (2023). CT volumetry performs better than nuclear renography in predicting estimated renal function one year after living donation. *International Urology and Nephrology*, 55, 553–562. <https://doi.org/10.1007/s11255-022-03441-9>
- Centro Nacional de Trasplantes (CENATRA). (2024). Boletín Estadístico-Informativo (BEI-CENATRA), Volumen IX, enero-diciembre 2024. Gobierno de México.
- Cho, J. M., Koh, J. H., Kim, S. G., Lee, S., Kim, Y., Cho, S., ... & Park, S. (2024). Associations of MRI-derived kidney volume, kidney function, body composition and physical performance in ≈38 000 UK Biobank participants: a population-based observational study. *Clinical Kidney Journal*, 17(4), sfae068. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfae068>
- Ebad, C. A., Brennan, D., Chevarria, J., Hussein, M. B., Sexton, D., Mulholland, D., ... & Conlon, P. J. (2021). Is bigger better? Living donor kidney volume as measured by the donor CT angiogram in predicting donor and recipient eGFR after living donor kidney transplantation. *Journal of Transplantation*, 2021, 8885354. <https://doi.org/10.1155/2021/8885354>
- Eum, S. H., Lee, H., Ko, E. J., Cho, H. J., Yang, C. W., & Chung, B. H. (2022). Comparison of CT volumetry versus nuclear renography for predicting remaining kidney function after uninephrectomy in living kidney donors.

Scientific Reports, 12(1), 5144.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-09187-9>

Goiffon, R. J., Depetris, J., Dageforde, L. A., & Kambadakone, A. (2025). Radiologic evaluation of the kidney transplant donor and recipient. *Abdominal Radiology*, 50(1), 272-289.
<https://doi.org/10.1007/s00261-024-04477-4>

Hariharan, S., Israni, A. K., & Danovitch, G. (2021). Long-term survival after kidney transplantation. *The New England Journal of Medicine*, 385(8), 729–743.
<https://doi.org/10.1056/NEJMra2014530>

Hein, Y. M., Pyar, K. P., Htet Aung, Z. N., Lwin, K. T., Hein, M. A., Zaw, M. T., ... & Maung, M. M. (2024). Wcn24-1495 relationship between living-donor kidney volume and recipient body weight ratio on outcome of kidney transplant recipient patients. *Kidney International Reports*, 9(4), S467.
<https://doi.org/10.1016/j.ekir.2024.02.979>

Hiramitsu, T., Tomosugi, T., Futamura, K., Okada, M., Matsuoka, Y., Goto, N., ... & Watarai, Y. (2021). Adult living-donor kidney transplantation, donor age, and donor-recipient age. *Kidney International Reports*, 6(12), 3026–3034.
<https://doi.org/10.1016/j.ekir.2021.10.002>

Khosravi, M., Mokhtari, G., Ramezanzade, E., Yazdanipour, M. A., Monfared, A., & Haghghi, H. (2023). Relationship between donated kidney volume determined by ultrasound adjusted for clinical factors and 1-month and 1-year creatinine clearance: A retrospective study. *Clinical Nephrology*, 99, 1-10. <https://doi.org/10.5414/CN110964>

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) ADPKD Work Group. (2025). KDIGO 2025 clinical practice guideline for the evaluation,

management, and treatment of autosomal dominant polycystic kidney disease (ADPKD). *Kidney International*, 107(2S), S1–S239.

Kyaw, L., Peng, H. M., Ong, S. M., Goh, B., Lu, J., & Tiong, H. Y. (2025). Impact of donating the larger kidney by CT volumetry on the kidney function, 5-years after living donation. *World Journal of Urology*, 43(1), 256. <https://doi.org/10.1007/s00345-025-05653-x>

Kyaw, L., Thandapani, K., Tan, L., Peng, H. M., Goh, B., Lu, J., ... & Tiong, H. Y. (2024). Choosing the larger kidney on CT volumetry: a study on the early post-donation kidney function of living donors. *International Urology and Nephrology*, 56(1), 97-102. <https://doi.org/10.1007/s11255-023-03737-4>

Levey, A. S., Grams, M. E., & Inker, L. A. (2022). Uses of GFR and albuminuria level in acute and chronic kidney disease. *The New England Journal of Medicine*, 386(22), 2120–2128. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2201153>

López-Abad, A., Prudhomme, T., Pecoraro, A., Boissier, R., Dönmez, M. I., Piana, A., ... & Territo, A. (2024). Can CT or MRI volumetry substitute scintigraphy in living kidney donor evaluation? A systematic review. *World Journal of Urology*, 42(1), 382. <https://doi.org/10.1007/s00345-024-05024-y>

Mahdavi, A., Negarestani, A. M., Masoumi, N., Ansari, R., Salem, P., Dehesh, T., & Mahdavi, A. (2023). Studying the effect of donor kidney volume ratios to recipients' body surface area, body mass index, and total body weight on post-transplant graft function. *Abdominal Radiology*, 48(7), 2361-2369. <https://doi.org/10.1007/s00261-023-03921-1>

Mg, Y. H., Pyar, K. P., Aung, T., Shwe, W. K., Hla, S. A., Maung, M. M., ... & Zaw, M. H. (2025). Wcn25-1241 the effect of donor kidney weight to recipient body weight ratio on graft function in living donor kidney transplant

recipient in Myanmar. *Kidney International Reports*, 10(2), S487.
<https://doi.org/10.1016/j.ekir.2024.11.877>

Ngamvichchukorn, T., Ruengorn, C., Noppakun, K., Thavorn, K., Hutton, B., Sood, M. M., ... & Nochaiwong, S. (2022). Association between pretransplant dialysis modality and kidney transplant outcomes: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Network Open*, 5(10), e2237580.
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.37580>

Nunes-Carneiro, D., Madanelo, M., Silva, F., Pestana, N., Ribeiro, C., Gil-Sousa, D., ... & Silva-Ramos, M. (2020). Remaining kidney volume indexed to weight as a strong predictor of estimated glomerular filtration rate at 1 year and mid-term renal function after living-donor nephrectomy - a retrospective observational study. *Transplant International*, 33(10), 1262-1273. <https://doi.org/10.1111/tri.13683>

Qiu, Y., Liu, J., Jiang, Y., Song, T., Huang, Z., Fan, Y., ... & Lin, T. (2020). Effect of donor kidney morphology parameters on the prognosis in living kidney transplantation recipients. *Translational Andrology and Urology*, 9(5), 1957-1966. <https://doi.org/10.21037/tau-20-680>

Redondo-Pachón, D. (2020). Evaluación del donante para trasplante renal con criterios expandidos. En V. Lorenzo & J. M. López Gómez (Eds.), *Nefrología al día*. <https://www.nefrologiaaldia.org/336>

Shukla, H., Gang, S., Hegde, U., Konnur, A., & Patel, H. (2025). Wcn25-1834 correlation of living donor kidney volume and recipient outcome following kidney transplantation. *Kidney International Reports*, 10(2), S494–S495.
<https://doi.org/10.1016/j.ekir.2024.11.891>

Silva, F., Malheiro, J., Pestana, N., Ribeiro, C., Nunes-Carneiro, D., Mandanelo, M., ... & Castro Henriques, A. (2020). Lower donated kidney volume is

associated with increased risk of lower graft function and acute rejection at 1 year after living donor kidney - a retrospective study. *Transplant International*, 33(12), 1711–1722. <https://doi.org/10.1111/tri.13740>

Takahashi, K., Furuya, K., Goshō, M., Usui, J., Kimura, T., Hoshi, A., ... & Yamagata, K. (2022). Prediction of early graft function after living donor kidney transplantation by quantifying the “nephron mass” using CT-volumetric software. *Frontiers in Medicine*, 9, 1007175. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1007175>

Torreggiani, M., Esposito, C., Martinelli, E., Jouve, T., Chatrenet, A., Rostaing, L., ... & Malvezzi, P. (2021). Outcomes in living donor kidney transplantation: The role of donor’s kidney function. *Kidney & Blood Pressure Research*, 46(1), 84–94. <https://doi.org/10.1159/000512177>

Valentín, M. de la O., Hernández, D., Crespo, M., Mahillo, B., Beneyto, I., Martínez, I., ... & Domínguez-Gil, B. (2021). Trasplante renal de donante vivo. Análisis de situación y hoja de ruta. *Nefrología*, 42(1), 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2021.03.008>

Vasconcelos Ordones, F., Pajolli, P. I. R., Guerra da Silva, R., Yamamoto, H. A., Gomes Filho, F. F., Kawano, P. R., ... & Modelli de Andrade, L. G. (2019). Impact of adjusted kidney volume measured in the bench surgery on one-year renal function in kidney transplantation. *PLoS One*, 14(11), e0224364. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224364>

Vivante, A. (2024). Genetics of chronic kidney disease. *The New England Journal of Medicine*, 391(7), 627–639. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2308577>

Yun, S. O., Lee, K. W., Park, J. B., Kim, M. J., Park, S. Y., & Park, B. (2023). Impact of preoperative ultrasonography for predicting the prognosis of

deceased donor kidney transplantation. *Ultrasonography*, 42(2), 238-248.
<https://doi.org/10.14366/usg.22132>

XI. Anexos

X1.1 Hoja de recolección de datos

Nombre del paciente:

Edad: _____ Sexo: _____

Variable	Dato / Registro
Código del paciente	
Edad (años)	
Sexo	
Peso (kg)	
Talla (cm)	
IMC (kg/m ²)	
Superficie corporal (m ²)	
Etiología de ERC	
Diálisis previa y tiempo	
Medidas renales: Largo, ancho, grosor	
Volumen renal	
Creatinina sérica pre trasplante y TFGe Cr sérica y TFGe. A los 3 meses.	
Tipo de donador/ edad/ parentesco	
Inducción inmunosupresora.	
Observaciones adicionales	

XI.2 Carta Compromiso de confidencialidad de los datos de la investigación.

Santiago de Querétaro, Querétaro., a 22 de Agosto de 2025

Hospital General de Querétaro

División de estudios de posgrado

Yo, José Eduardo Arcos Hernández, en mi carácter como revisor de expedientes clínicos, entiendo y asumo que, de acuerdo al artículo 17, del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud, es mi obligación respetar la privacidad del individuo y mantener la confidencialidad de la información que se derive de mi participación en el estudio: “Correlación entre el volumen del injerto renal y la tasa de filtrado glomerular estimada a los 3 meses en receptores de trasplante renal en el Hospital General de Querétaro.”, cuyo investigador responsable es un servidor. Asimismo, entiendo que este documento se deriva del cumplimiento del Art. 14* de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares a la que está obligado todo investigador. Por lo anterior, me comprometo a no comentar ni compartir información obtenida a través del estudio mencionado, con personas ajenas a la investigación, ya sea dentro o fuera del sitio de trabajo, con pleno conocimiento de que la violación a los artículos antes mencionados es una causal de despido de mis funciones.

Dr. José Eduardo Arcos Hernández

Residente de cuarto año de Medicina Interna del Hospital General de Querétaro

**“El responsable velará por el cumplimiento de los principios de protección de datos personales establecidos por esta Ley, debiendo adoptar las medidas necesarias para su aplicación. Lo anterior aplicará aún y cuando estos datos fueren tratados por un tercero a solicitud del responsable. El responsable deberá tomar las medidas necesarias y suficientes para garantizar que el aviso de privacidad dado a conocer al titular, sea respetado en todo momento por él o por terceros con los que guarde alguna relación jurídica”*