



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE MEDICINA

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**  
DELEGACIÓN No. 3 SUR DEL DISTRITO FEDERAL  
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI  
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES  
“DR. BERNARDO SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ”

**TITULO**

RELACIÓN DEL CÁLCULO DE LA TASA DE FILTRADO GLOMERULAR (TFG) CON <sup>99m</sup>Tc-DTPA POR CÁMARAS DE CENTELLEO, MÉTODO DE DOS MUESTRAS DE SANGRE Y DEPURACIÓN DE CREATININA DE 24 HORAS EN EL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI “DR. BERNARDO SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ”

NÚMERO DE REGISTRO: **R – 2015 -3601 -174**

TESIS QUE PRESENTA:

**DR. URIEL SALVADOR VARGAS CORTES**

PARA OBTENER EL DIPLOMA EN LA ESPECIALIDAD DE:

**MEDICINA NUCLEAR**

ASESORES:

**DRA. ROSA MARÍA VILLANUEVA PÉREZ**

COLABORADORES:

**DRA. DIANA GRACIELA MENEZ DÍAZ**

**DR. JORGE IVÁN GONZÁLEZ DÍAZ.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

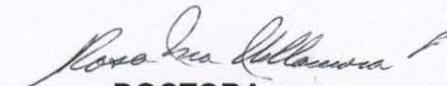
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



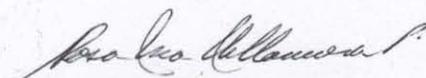
DOCTORA

DIANA GRACIELA MENEZ DÍAZ  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE EDUCACIÓN EN SALUD  
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI



DOCTORA

ROSA MARÍA VILLANUEVA PÉREZ  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA  
NUCLEAR  
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI



DOCTORA

ROSA MARÍA VILLANUEVA PÉREZ  
ASESORA DE TESIS Y MEDICO NUCLEAR  
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI





"2015. Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón".

**Dictamen de Autorizado**

Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud 3601  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DR. BERNARDO SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ, CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI, D.F. SUR

FECHA 27/07/2015

**DRA. ROSA MARÍA VILLANUEVA PÉREZ**

**P R E S E N T E**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título:

**Relación del cálculo de la tasa de filtrado glomerular (TFG) con 99mTc-DTPA por cámaras de centelleo, método de dos muestras de sangre y depuración de creatinina de 24 horas en el HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ"**

que sometió a consideración de este Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de Ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A U T O R I Z A D O**, con el número de registro institucional:

húm. de Registro
R-2013-3601-174

ATENTAMENTE

**DR.(A). CARLOS FREDY CUEVAS GARCÍA**

Presidente del Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud No. 3601

**IMSS**

REGISTRADO Y SOLIDARIO NACIONAL

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y felicidad.

A mis *padres* Salvador Vargas B. y María de Jesús Cortes A., por el apoyo incondicional que me han brindado siempre, su amor, su paciencia y ser un ejemplo a seguir.

A mis *hermanos* y toda mi *familia*, por su confianza y ser parte de mi vida.

A mis *profesores*, principalmente a la Dra. Rosa María Villanueva, Dr. Raúl Guillermo Mendoza, Dr. F. Osvaldo García, Dr. Jorge Iván González Díaz; y la Dra. Diana Menez; por brindar sus conocimientos con los médicos especialistas en formación.

A mis *compañeros residentes*; por brindarme su amistad y confianza que compartimos durante toda la residencia.

A todo el personal del servicio de medicina nuclear que colabora en el hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

A todas las personas que me han apoyado durante mi formación como médico.

## ÍNDICE

<b>I</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>01</b>
<b>II</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>03</b>
<b>III</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>05</b>
<b>IV</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>07</b>
<b>V</b>	<b>JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>14</b>
<b>VI</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>16</b>
<b>VII</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>17</b>
<b>VIII</b>	<b>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>18</b>
<b>IX</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>19</b>
<b>X</b>	<b>RECURSOS PARA EL ESTUDIO</b>	<b>24</b>
<b>XI</b>	<b>PROCEDIMIENTOS</b>	<b>25</b>
<b>XII</b>	<b>ASPECTOS ÉTICOS</b>	<b>28</b>
<b>XIII</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>29</b>
<b>XIV</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>41</b>
<b>XV</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
<b>XVI</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>45</b>
<b>XVII</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>50</b>

## **RESUMEN DE LA TESIS.**

**TITULO:** Relación del cálculo de la tasa de filtrado glomerular (TFG) con  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA por cámaras de centelleo, método de dos muestras de sangre y depuración de creatinina de 24 horas en el HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ"

**ANTECEDENTES:** El radiofármaco  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA es excretado únicamente por glomérulo, con un coeficiente de correlación con la inulina es mayor de 0.97. Las ventajas de usar  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, es una rápida preparación, las excelentes características físicas del radiofármaco y su disponibilidad. El  $^{99m}\text{Tc}$  es fácil de adquirir a través de un generador de  $^{99}\text{Mo}$ , el  $^{99m}\text{Tc}$  solo emite un fotopico de 140 Kev, con una vida media física de 6 horas, siendo muy baja la radiación que se le administra al paciente

**OBJETIVO PRINCIPAL:** Medir y comparar la tasa de filtrado glomerular en los distintos equipos gammagráficos del servicio de medicina nuclear y determinar su coeficiente de correlación con la técnica de doble toma de muestra de sangre y valores de laboratorio de depuración de creatinina de 24 horas.

**OBJETIVO SECUNDARIO:** Calcular el coeficiente de correlación y corrección en los distintos equipos gammagráficos del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital de Especialidades de la Unidad Médica de Alta Especialidad Siglo XXI, utilizando  $^{99m}\text{Tc}$  DTPA.

**MATERIAL Y MÉTODOS:** Es un estudio retrospectivo. Se recolectaran los datos estadísticos de estudios de medicina nuclear de 371 hombres y mujeres mayores de 18 años, con gammagrafía renal con  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, toma de dos muestra de sangre y depuración de creatinina realizados en el turno vespertino del servicio de Medicina Nuclear en la UMAE de Centro Médico Nacional Siglo XXI, del Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda".

**RESULTADOS:** Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la gammagrafía renal tiene un coeficiente de correlación de Pearson del 0.85, siendo muy buena correlación entre las muestras de sangre radiomarcados y lo reportado en el servicio de medicina nuclear.

**CONCLUSIONES:** El estudio de Medicina Nuclear de gammagrafía renal, tiene una muy buena correlación, además cabe destacar que es un estudio útil para valorar la función de los riñones por separado en distintas patologías e identificar por imagen hallazgos de perfusión, concentración y eliminación de cada riñón, que es de vital importancia en el diagnóstico de cada paciente.

## HOJA DE DATOS DE LA TESIS

1. Datos del alumno	1. Datos del alumno
(Autor)	
Apellido paterno	Vargas
Apellido materno	Cortes
Nombre (s)	Uriel Salvador
Teléfono	55 38 10 88 72
Universidad	Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad o escuela	Facultad de medicina
Carrera	Médico Cirujano Especialista en Medicina Nuclear
No. De cuenta	512235680
Correo	<a href="mailto:dr.uriel@hotmail.com">dr.uriel@hotmail.com</a>
2. Datos del asesor	2. Datos del asesor
Apellido paterno	Villanueva
Apellido materno	Pérez
Nombre (s)	Rosa María
Correo	<a href="mailto:rosamariavillanueva@gmail.com">rosamariavillanueva@gmail.com</a> <a href="mailto:rosamariavillanueva@imss.gob.mx">rosamariavillanueva@imss.gob.mx</a>
Lugar de Trabajo	Jefe del Servicio de Medicina Nuclear, del Hospital de Especialidades CMN Siglo XXI
Teléfono	55 18 00 14 77
3.-Datos de la Tesis	
Título	Relación del cálculo de la tasa de filtrado glomerular (TFG) con <sup>99m</sup> Tc-DTPA por cámaras de centelleo, método de dos muestras de sangre y depuración de creatinina de 24 horas en el HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ"
No. De páginas	51 p.
Año	2016
Número de registro	R – 2015 -3601 -174

## INTRODUCCIÓN

El IMSS atiende a más del 47% de la población mexicana. Solo en el 2014 había 56,430 pacientes registrados con enfermedad renal crónica (ERC) (0,1% de la población usuaria), de los cuales 32,190 fueron varones (57%) y 24,240 mujeres (43%). Las causas primarias de la insuficiencia renal crónica (IRC) fueron diabetes (29,661; 52,6%), hipertensión arterial (19,862; 35,2%), glomerulopatías crónicas (4,089; 7,2%), malformaciones congénitas (2%) y la nefropatía túbulo intersticial (1%). De los cuales 33,754 (60%) pacientes estaban en diálisis peritoneal y 22,676 (40%) con hemodiálisis. Se estima que cada año aparecen de 800 a 1.000 pacientes con IRC y requerimiento de terapias sustitutivas.

La mayoría de pacientes con función renal disminuida no son identificados de manera temprana debido a una evaluación incompleta y por ende raramente son tratados en forma adecuada para impedir la progresión de la enfermedad renal a etapas más avanzadas. (1)

La ERC se define como la disminución de la función renal, expresada por una tasa de filtración glomerular (TFG)  $<60$  ml/min/1.73 m o como la presencia de daño renal (alteraciones histológicas, albuminuria-proteinuria, alteraciones del sedimento urinario o alteraciones en pruebas de imagen) de forma persistente durante al menos 3 meses.

La filtración glomerular (FG) es el volumen de plasma ultrafiltrado producido por minuto por el glomérulo renal. La formación de FG no requiere gasto de energía y es regulado por las leyes de la hidrodinamia. La TFG es una medida directa de la función renal, la cual disminuye antes del inicio sintomático de la ERC y la correlación con la severidad de algunos daños estructurales.

Para la evaluación clínica rutinaria de los pacientes con riesgo de desarrollar ERC, existe una clasificación de la enfermedad renal en la cual se utiliza la TFG (mL/min/1.73m) para estadificar, TFG  $\geq$  90 ml/min se considera normal, daño renal leve con TFG de 60-89 ml/min, daño renal de leve a moderado con TFG de 59-45 ml/min, daño renal de moderado a severo con TFG de 44-30 ml/min, daño renal severo con disminución de la TFG 15-29 ml/min y enfermedad renal terminal  $<$  15 ml/min. (2)

## **ANTECEDENTES**

Para la medición del TFG es necesario que cualquier sustancia radioactiva o no radioactiva cumpla los siguientes requisitos: Debe ser fisiológicamente inerte y no tóxico para el organismo. Precisa y fácilmente medible medición en sangre y en orina precisa y fácil de llevar a cabo. No unirse a proteínas plasmáticas y filtrable in Vitro a través de una membrana con una permeabilidad comparable a la del glomérulo. Una depuración similar a otros trazadores usados como estándar de oro (Inulina). La depuración no debe variar con un incremento en su nivel plasmático, esto es capaz de excluir la excreción tubular de una sustancia la cual puede llevar a una disminución en la depuración cuando hay un incremento en la concentración plasmática. La depuración debe permanecer constante tan alta o baja como el flujo urinario, excluyendo reabsorción tubular de la sustancia la cual puede causar reducción de la depuración cuando hay una reducción del flujo urinario y un incremento cuando hay un aumento del flujo urinario. No se metabolice. Debe ser exclusivamente eliminado por el riñón.

La inulina es el estándar de oro para la medición de la TFG. Es un polímero de la fructosa, con un peso molecular de 5000 Dalton, que no se une a proteínas del plasma, sin carga eléctrica, es filtrada a través de la membrana de los glomérulos capilares, no es reabsorbida, secretada, sintetizada o metabolizada en los túbulos renales; sin embargo el marcaje de la inulina es difícil, así como de su cuantificación en sangre y orina, además es costosa ya que requiere una bomba de infusión continua para su administración.

La depuración de creatinina endógena de 24 horas es uno de los métodos más usados para determinar la TFG, pero tiene el inconveniente de ser excretado por túbulo y sobreestimar el valor en pacientes con daño renal.

Otras sustancias han sido usadas para valorar TFG, como el  $^{125}\text{I}$ -yodotalamato, que es útil para determinar la TFG, por medio de la medición de la radiactividad en muestras de plasma, con la ventaja de baja radiación al paciente, pero con las desventajas de que no puede ser utilizado para determinar la función individual de cada riñón por su baja emisión de fotones gamma y el  $^{125}\text{I}$ -yodotalamato no está disponible en el país.

## MARCO TEÓRICO

Los radiofármacos más usados para calcular la TFG es el  $^{99m}\text{Tc}$ - DTPA (Ácido dietilen triamino penta acético) y el  $^{99m}\text{Tc}$ -EDTA (Ácido etilenodiamino tetra acético), otros radiofármacos reportados en la literatura es el  $^{51}\text{Cr}$ -EDTA,  $^{169}\text{Yb}$ -DTPA,  $^{113m}\text{In}$ -DTPA.

El  $^{113m}\text{In}$ - DTPA es un marcador ideal para la TFG con un coeficiente de correlación de 0.99 con la inulina, en una amplia variedad de grados de función renal, pero su costo y disponibilidad dificulta su uso. (3)

El radiofármaco  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA es excretado únicamente por glomérulo. La correlación entre la filtración glomerular medida con inulina y  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA fue significativa y positiva ( $r= 0.97$ ,  $r^2=0.94$ ,  $p<0.01$ ). (4)

Las ventajas de usar  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, es una rápida preparación, las excelentes características físicas del radiofármaco y su disponibilidad. El  $^{99m}\text{Tc}$  es fácil de adquirir a través de un generador de  $^{99}\text{Mo}$ , el  $^{99m}\text{Tc}$  solo emite un fotopico de 140 Kev, con una vida media física de 6 horas, siendo muy baja la radiación que se le administra al paciente

La dosimetría del radiofármaco de usar  $^{99m}\text{Tc}$ - DTPA es de 0.016 rads a cuerpo total y de 0.555 rads por miliCurie (rad/mCi) a la vejiga, lo que es favorable comparado con otros agentes para medir la TFG en condiciones normales y con disminución de la función renal.

El complejo  $^{99m}\text{Tc}$ - DTPA se elimina por los glomérulos renales, con la obtención de imágenes secuenciales de los riñones, sistemas pielocaliciales, uréteres, y la vejiga.

La medición de su excreción proporciona una estimación precisa de la TFG. Debido a que una pequeña cantidad (5% a 10%) del  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA se une a proteínas plasmáticas, tiende a subestimar el FGR ligeramente. Alrededor del 20% de  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA se extrae de la sangre en cada ciclo a través de la (fracción de extracción) de riñón, de modo que aproximadamente el 90% de  $^{99m}\text{Tc}$  -DTPA se filtra por difusión simple en la orina dentro de 4 horas. Esto hace que sea un agente económico para imágenes renales y como sustituto del TC contrastada en pacientes que son alérgicos al contraste y si la ecografía o la resonancia magnética no están disponibles. Sus desventajas son que no es un agente ideal para demostrar lesiones renales intraparenquimatosas y no es el radiofármaco de elección en pacientes con obstrucción, que los que los agentes tubulares con eficiencias de extracción más altos, permiten un aumento de la excreción renal y una mejor visualización.

El  $^{99m}\text{Tc}$  DTPA se administra a una dosis de 3-5 mCi (111-185 MBq).

Para la determinación de TFG por muestras de sangre, existen varios métodos con inyección única de  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, mediante la eliminación en plasma del radiotrazador para evaluar la función glomerular. Se requieren múltiples muestras de sangre con un máximo de un intervalo de 4 horas después de la

inyección del radiotrazador para realizar el análisis exponencial de la curva de eliminación en plasma del  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, la cual sirve para calcular la TFG.

La TFG es de aproximadamente el 20% de FPRE (TFG/FPRE, también llamada fracción de filtración). La cinética del  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA en el plasma puede ser explicado por un concepto bicompartimental, con mezcla del radiotrazador en los espacios: vascular y extravasculares y su eliminación en la orina. Los dos compartimentos se convierten en uno solo compartimento funcional después de la mezcla completa, y la eliminación en plasma del radiotrazador se debe a la filtración glomerular. La TFG se calcula multiplicando la constante de velocidad exponencial de depuración por el volumen de distribución. (5)

En 1975, Fisher y Veal modificaron la técnica de muestreo de sangre sola de Tauxe (utilizado en la medición de FPRE) para estimar la TFG. La técnica se basó en la determinación de una relación entre la depuración semiempírica en plasma de radiotrazador (debido a la TFG) y la distribución de volumen expresada como actividad inyectada dividido por la actividad de la muestra en el plasma. (6)

Un método para calcular la TFG total en una técnica aclaramiento en plasma, con una sola muestra de sangre fue presentado por Russell, que informó que el tiempo de muestra de sangre óptima en una población de pacientes, es a los 180 minutos después de la inyección del radiofármaco  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, aunque el mejor momento para la muestra de sangre de un paciente

individual depende de la función renal subyacente. La técnica básicamente mide la concentración plasmática del radiofármaco en ese momento y lo compara con la cantidad de radiotrazador inyectado por el uso de una técnica in vitro de laboratorio con estándares de calibración. El porcentaje restante de radiotrazador inyectado, dentro de un momento determinado sería menor en los pacientes con TFG normales que en sujetos con función renal reducida; en caso contrario una disminuida depuración del radiofármaco, tendría como resultando niveles altos de concentración del radiofármaco en plasma.

Russell comparo la TFG con  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA y el  $^{169}\text{Yb}$ -DTPA usando ocho muestras de sangre (obtenidos a los 10, 20, 30, 45, 60, 120, 180, y 240 minutos después de la inyección), en comparación con la técnica de una muestra de sangre y de dos muestras de sangre en 40 pacientes. El TFG de ocho muestras se calcula dividiendo la dosis administrada por la integral de la curva de plasma de tiempo de actividad, mientras que las de una muestra y de dos muestras de sangre para estimación de la TFG, se obtuvieron ajustando los datos a un modelo lineal abierto bicompartimental. Este importante trabajo mostró que la TFG calculada a partir de dos muestras de sangre (1 y 4 horas) tuvo una excelente correlación  $r = 0.998$  con la inulina. La técnica de una sola muestra de sangre extraída a los 180 minutos mostro dar una estimación razonable de la TFG, aunque el error era mayor que la de la técnica de dos muestras.

El método de una muestra se consideró lo suficientemente preciso para el trabajo clínico de rutina, mientras que la técnica de dos muestra se recomienda

generalmente para su uso en investigación o en circunstancias que requieren una precisión especial. Russell además recomendó que se obtuviera la segunda muestra de sangre a las 3 horas para acortar la prueba sin una pérdida significativa de precisión. A continuación, la TFG total calculado por cualquiera de estos métodos aclaramiento en plasma se divide entre los dos riñones con el uso de una gammacámara para determinar los porcentajes de cuentas para los riñones. (7)

Las determinaciones de una sola muestra de aclaramiento en plasma de  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA y  $^{169}\text{Yb}$ -DTPA están en estrecha correlación, así como con  $^{51}\text{Cr}$ -EDTA, que sirven como un método de referencia en relación a la inulina, que es el estándar de oro. Constable informó una precisión de 4.4 ml para la estimación del FGR con una técnica de una sola muestra a las 3 horas, mediante una curva de tiempo actividad. (8)

Mulligan comparó varios métodos para el cálculo de la TFG utilizando  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA: un doble método exponencial de depuración en plasma con seis muestras y un método de seis muestras de orina. Mulligan y otros, informaron que la estimación de la TFG basado en el estándar en muestras de orina fue consistentemente más altos que el estándar de plasma de seis muestras y llegó a la conclusión de que la técnica de muestras múltiples en plasma subestima la TFG.

Mulligan informó que la técnica de dos muestras para aclaramiento en plasma reportada de Russell (muestra a los 60 y 180 minutos) correlaciona mejor que las pruebas de aclaramiento en plasma de seis muestras en plasma, la técnica de dos muestras de plasma atribuido a Russell (muestra a los 30 minutos y 180 minutos) y el cálculo de la TFG basada en orina de Jackson. (9)

Tauxe utilizó un método similar a las técnicas de muestra de sangre única publicada anteriormente (para el cálculo de la TFG en adultos y FPRE en adultos y niños) para determinar el mejor momento para obtener una muestra de sangre y calcular la TFG en los niños. Calcularon el volumen de distribución de radiotrazador en diversos momentos después de la inyección de  $^{131}\text{I}$ -DZT y compararon los resultados con los cálculos de la TFG por análisis compartimental utilizando múltiples muestras de plasma en intervalos de 10 minutos hasta los 90 minutos. Los volúmenes teóricos de distribución se calcularon dividiendo las cuentas por segundo por litro de plasma, sobre las cuentas totales por segundo del radiotrazador inyectado. El estándar de error de la tasa estimada de filtración glomerular por una sola muestra de plasma (en comparación con el estándar de referencia de muestreo múltiple) fue más alta temprana después de la inyección ( $S_y \cdot x: = 20 \text{ ml / min}$ ) y la más baja en 91 minutos ( $S_y \cdot x: = 3.9 \text{ mL / min}$ ).

Tauxe observó una relación lineal entre los volúmenes teóricos de la distribución y la FGR en estos niños en 91 minutos en comparación con la relación exponencial existente en tiempos de muestreo óptimos en adultos. Por

otra parte, un solo tiempo de muestra de sangre (91 minutos) parecía ser ideal para el cálculo de la TFG en estos niños en comparación con los adultos, en los que el tiempo óptimo de muestreo es una función de la magnitud del TFG (siendo el óptimo para los adultos a los 180 minutos). (10)

En el servicio de medicina nuclear del hospital de especialidades, CMN Siglo XXI, se realizó la comparación de  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA con  $^{125}\text{I}$ -yotalamato para la medición de la TFG, por la doctora Laura Elena Iwasaki Otake, donde demostró que la medición de TFG con una ecuación exponencial que involucra los valores de cuentas radioactivas por minuto en plasma obtenidas a los 120 y 180 minutos tiene un coeficiente de correlación de 0.838. (11)

## **JUSTIFICACIÓN:**

Existen múltiples métodos para cuantificar la TFG, en las cuales utilizan fórmulas para calcular este valor, que parten de los niveles de la creatinina sérica, debido a su complejidad, margen de error y variabilidad de estas fórmulas no son confiables para la cuantificación de la TFG.

La hemodinámica renal, mediante la infusión y medición de la inulina, actualmente está en desuso, pero sigue siendo el gold estándar. La cuantificación de la TFG por TC e IRM, trae inconvenientes por el uso de medio de contraste, produciendo una alteración en la función renal inducida por efectos osmóticos, tóxicos y hemodinámicos.

También existe otros métodos para calcular la TFG, con la valoración de la cistatina C y del iohexol en nuestro país, son técnicas poco difundidas y costosas hasta el momento.

En nuestro medio hospitalario es sobre utilizado la recolección de orina de 24 horas, la cual es utilizada para el cálculo de TFG, la cual tiene varios inconvenientes, debido a que es una técnica dependiente del paciente, puede tener errores por una mala técnica de recolección, cromógenos en plasma y genera incomodidad para el paciente.

La gammagrafía renal para el cálculo de la TFG y valoración funcional del riñón, es un método muy confiable, que brinda importante información,

aportándonos la TFG por separado de cada riñón, información angiográfica de los riñones, comportamiento en tiempo real de su depuración y la eliminación por separado (importante en uropatías obstructivas). En las cuales el médico nuclear con experiencia, valora la imágenes dinámicas del estudio, las curvas tiempo actividad y los valores obtenidos por el equipo gammagráfico.

Además existen métodos de cuantificación de muestras de sangre radioisotópica y recolección de orina radiomarcada con resultados muy confiables de la TFG. En el año 2011 el hospital de Especialidades del CMN Siglo XXI recibió equipos nuevos de las marcas Philips, Siemens y Mediso, esta descrito en la literatura que se debe realizar estandarización, verificación de los equipos de medicina nuclear y en caso de ser necesario implementar un valor numero para mejorar los resultados y que exista concordancia con los otros métodos diagnósticos.

Se recomienda hacer una evaluación de equivalencia con un método estándar en cada equipo gammagráfico. (27)

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente en el servicio de medicina nuclear existe discrepancia entre los valores obtenidos por otros métodos diagnósticos (depuración de creatinina en formulas) y los resultados de gammagráficos por lo que se necesita estandarizar la cuantificación de la función renal por los métodos por radionúclidos en los equipos.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es la diferencia de los resultados del  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA en el cálculo de tasa de filtrado Glomerular en los equipos gammagráficos del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital de Especialidades de CMN Siglo XXI comparándolo con técnica de dos muestras de sangre y valores de depuración de creatinina de 24 horas?

## **HIPÓTESIS GENERAL**

La tasa de filtrado glomerular en los equipos gammagráficos del servicio de Medicina Nuclear de la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Especialidades de CMN Siglo XXI, tendrá un coeficiente de correlación mayor a 0.8, con respecto a la técnica de dos muestras de sangre utilizando  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA. (7)

### **OBJETIVO PRINCIPAL**

Medir y comparar la tasa de filtrado glomerular en los distintos equipos gammagráficos del servicio de medicina nuclear y determinar su coeficiente de correlación con la técnica de doble toma de muestra de sangre y valores de laboratorio de depuración de creatinina de 24 horas.

### **OBJETIVO SECUNDARIO**

Calcular el coeficiente de correlación y corrección en los distintos equipos gammagráficos del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital de Especialidades de la Unidad Médica de Alta Especialidad Siglo XXI, utilizando  $^{99m}\text{Tc}$  DTPA.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### TIPO DE DISEÑO

Retrospectivo.

### Variables a medir / Definición operacional:

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Tasa de filtrado glomerular	Es el volumen de fluido filtrado por unidad de tiempo desde los capilares glomerulares renales hacia el interior de la cápsula de Bowman.	Identificación en el formato de recolección de datos.	Normal $\geq 90$ ml/min. Daño renal leve de 60-89 ml /min. Daño de leve a moderado de 45-59 ml /min. Daño de moderado a severo de 30-44 ml /min. Daño severo de 15-29 ml/min. Enfermedad renal terminal $< 15$ ml/min
Depuración de creatinina en 24 horas	La creatinina es el producto de la descomposición de la creatina, compara los niveles de creatinina en la orina con el nivel de creatinina en la sangre en 24 horas.	Identificación en el formato de recolección de datos, obtenido del expediente electrónico.	Normal $\geq 90$ ml/min. Daño renal leve de 60-89 ml /min. Daño de leve a moderado de 45-59 ml /min. Daño de moderado a severo de 30-44 ml /min. Daño severo de 15-29 ml/min. Enfermedad renal terminal $< 15$ ml/min
Creatinina	Es el producto metabólico de la descomposición de la creatina y fosfocreatina encontrada en el musculo.	Identificación en el formato de recolección de datos, obtenido del expediente electrónico.	Cantidad en mg / dl.

Edad	Años cumplidos que tiene una persona desde su fecha de nacimiento hasta la fecha de captación por la fuente de información,	Identificación en el carnet de atención de derechohabientes del IMSS.	Cantidad de años
Sexo	Es la condición orgánica que distingue al hombre de la mujer.	Identificación en el carnet de atención de derechohabientes del IMSS.	Femenino o masculino.
Muestras de sangre radioisotópicas	Es un examen de medicina nuclear que mide la cantidad de cuentas de actividad en dos muestras de sangre de determinado tiempo, posterior a la inyección del radiofármaco y sirve para valorar la TFG.	Es el estudio de medicina nuclear, que se realizó en el C.M.N. Siglo XXI H. Especialidades según el manual de procedimiento de medicina nuclear.	Normal $\geq 90$ ml/min. Daño renal leve de 60-89 ml /min. Daño de leve a moderado de 45-59 ml /min. Daño de moderado a severo de 30-44 ml /min. Daño severo de 15-29 ml/min. Enfermedad renal terminal $< 15$ ml/min.
Gammagramma renal con $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA	Es un examen con medicina nuclear en el cual se utiliza un radiofármaco ( $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA) para medir el funcionamiento de los riñones, en una cámara de centelleo.	Es el estudio de gammagrafía renal que se realizó en el C.M.N. Siglo XXI H. Especialidades según el manual de procedimiento de medicina nuclear.	Normal $\geq 90$ ml/min. Daño renal leve de 60-89 ml /min. Daño de leve a moderado de 45-59 ml /min. Daño de moderado a severo de 30-44 ml /min. Daño severo de 15-29 ml/min. Enfermedad renal terminal $< 15$ ml/min.

### CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes mayores de 18 años que sea derechohabiente del IMSS con reportes de gammagrafía renal vespertino, con toma de doble muestra de sangre, según el manual de procedimientos del servicio de medicina Nuclear.

- Pacientes en protocolo para estadificación para IRC, solicitud firmada y sellada del servicio solicitante

- Pacientes en protocolo para trasplante, donadores renales, uropatías obstructiva, glomerulopatías, malformaciones, nefropatías.

- Pacientes trasplantados.

- Paciente que cuenten con depuración de creatinina de 24 horas.

### **CRITERIOS DE NO INCLUSIÓN**

- Pacientes embarazadas y en lactancia.

- Pacientes que no acepten toma de muestras de sangre o con patología en las venas.

- Pacientes que hayan sido sometidos a estudios de tomografía con contraste, por al menos en el último mes.

### **CRITERIOS DE ELIMINACIÓN**

- Estudios con mal marcaje del radiofármaco.

- Pacientes que no acudieron a completar su protocolo de estudio de toma de dos muestras.

### **DISEÑO DE LA METODOLOGÍA**

Se obtuvieron los datos de los resultados de medicina nuclear de marzo del 2013 hasta enero 2014, del turno vespertino del servicio de Medicina Nuclear en la UMAE de Centro Médico Nacional Siglo XXI, del Hospital de Especialidades

“Dr. Bernardo Sepúlveda” y los que cumplieron los requisitos de inclusión se anexaron al protocolo.

Toda la información fue recolectada de los expedientes del servicio de medicina nuclear y la base de datos electrónicos de laboratorio, posteriormente fue vaciado en un formato hecho para este propósito y anexado en este protocolo.

El formato cuenta con diagnóstico de envió, impresión diagnóstica por gammagrafía, valores de depuración de creatinina de 24 horas, creatinina en sangre, creatinina en orina de 24 horas, fecha, género, modelo de la gammacámara, edad, peso, talla, TFG por cámara de centelleo, TFG por cuentas de sangre y médico nuclear que interpreto el estudio.

Los pacientes seleccionados se agruparan en grupos categorizara según el equipo y patología, de acuerdo la hoja de recolección de datos.

Los datos se vaciaron en la hoja de datos de Excel diseñada para el protocolo.

Los resultados fueron analizados y procesados mediante el uso de Microsoft Excel y el programa IBM SPSS Statistics v22 representado en tablas numéricas y modelos gráficos.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los resultados se muestran en medidas de tendencia central, coeficiente de correlación, desviaciones estándar, dependiendo las variables. Se utilizó la correlación de Pearson para conocer la asociación de las variables. Se realizó

correlaciones parciales entre los distintos grupos, acorde a su TFG, edad, género e IMC.

Los resultados obtenidos con un valor de  $p < 0.05$  se consideraron estadísticamente significativos.

## RECURSOS PARA EL ESTUDIO

### RECURSOS HUMANOS:

- Médicos de base adscritos al servicio de Medicina Nuclear.
- Médicos residentes de la especialidad de Medicina Nuclear.
- Químico adscrito en radiofarmacia en el turno vespertino.
- Asesor temático.
- Asesor metodológico.

### RECURSOS MATERIALES:

- Recursos propios del investigador (laptop, pluma, calculadora)
- Recursos propios del servicio de medicina nuclear. Gammacámaras:

PHILIPS, Mediso, Sophera, y Siemens E-cam, equipadas con colimadores de baja energía –alta resolución, localizados en las salas de centelleo número 1,2,3,5,6 del servicio de Medicina Nuclear del Hospital de Especialidades de Centro Médico Nacional Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social “Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez”, así como sus respectivas estaciones de trabajo con software para adquisición y procesamiento de imágenes. Las gammacameras sujetas a calibración uniformidad (*Flood*), campo de visión central (*CFOV*), campo de visión útil (*UFOV*); así como mantenimientos preventivos para garantizar el adecuado funcionamiento de los equipos y la veracidad de los resultados obtenidos.

- Equipo de cómputo para la organización de datos.
- Pruebas de calidad que avalen el adecuado procedimiento de radiomarcaje del trazador; a través de cromatografía.

## **PROCEDIMIENTOS**

### **RADIOMARCAJE DEL FÁRMACO**

Al frasco con DTPA-Sn, se le añade 3 a 5 ml de  $TcO_4Na$  con menos de 100 mCi, estéril y libre de pirógenos, se agita durante algunos segundos y se incuba a temperatura ambiente por 15 minutos. Una vez reconstituido se guardó en refrigeración (2-8 °C).

La estabilidad del compuesto radiomarcado fue evaluado por cromatografía, mostrando una pureza radioquímica a la hora del 99.79%.

Posteriormente se corroboró mediante imagen, la biodistribución normal. En caso de que la imagen obtenida no hubiera correlacionado con la biodistribución esperada, se habría cancelado el estudio, pues se considerará marcaje deficiente.

### **DOSIS**

La dosis sugerida para un paciente de 70 Kg, para un estudio gammagráfico renal es de 10 mCi (370 MBq). (12)

### **TÉCNICA DEL EXAMEN**

Preparación del paciente: Una hora antes de comenzar el estudio el paciente deberá beber abundantes líquidos (mínimo 300-500 ml de agua). Orinar antes del estudio.

Radiofármaco: Se administra por vía endovenosa el radiofármaco  $^{99m}Tc$ -DTPA en dosis de 10 mCi (370 MBq).

Instrumentación: Gammacámara de campo amplio de visión, equipada con colimadores de orificios paralelos baja energía alta resolución o baja energía

ultra-alta resolución, y una ventana de energía del 15 -20% centrada en 140 KeV de energía.

### **ADQUISICIÓN DEL ESTUDIO**

Se coloca al paciente en decúbito supino en la camilla de la gamma cámara.

Con el colimador de la gammacámara, se coloca en proyección posterior del abdomen, solamente en trasplantados el colimador de la cámara en proyección anterior sobre cicatriz quirúrgica del injerto renal. Posteriormente se toma imagen de la jeringa de pre-inyección por 60 segundos.

Se administra por vía endovenosa el radiofármaco  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA y se toma imágenes dinámicas secuenciales de la fase vascular: 2 segundos por imagen por 60 segundos, seguido de imágenes dinámicas de 60 segundos por imagen por 20 minutos, con una matriz de 128 x 128. Al terminar el estudio se toma una imagen de la jeringa de post-inyección (60 segundos)

Se tomarán dos muestras de sangre venosa de 5 ml en el brazo contralateral al sitio de la inyección, a los 120 y 180 minutos posterior a la inyección del radiofármaco.

Las muestras de sangre son puestas en un centrifugador de mesa, Hermle Z 320, por 5 minutos, con una pipeta se extraerá 2 ml de plasma y se coloca en un contador de pozo automatizado COBRA autogamma, que da la lectura de cuentas por minuto de las muestras de sangre.

La preparación de la solución estándar, es una dosis de  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, diluida con un volumen de agua en un matraz de 2000 ml, con una pipeta se extraerán 2 ml de la solución y se coloca en un contador de pozo automatizado.

### **INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Los estudios gammagráfico fueron realizados por médicos nucleares adscritos al servicio de medicina nuclear que cuentan un mínimo de cinco años de experiencia en la interpretación de estudios de medicina nuclear en las estaciones de trabajo Syngo, Phillips precedence, Anyscan Mediso. Los datos fueron recolectados del reporte final de medicina nuclear y resultados de laboratorio. Cabe mencionar que el servicio cuenta con una kappa concordancia de 0.8 interobservador.

### **EXPERIENCIA DE GRUPO Y TIEMPO DE DESARROLLARSE**

Médicos nucleares adscritos con experiencia mínima de 5 años en el Hospital de Centro Médico Nacional UMAE Siglo XXI.

## **ASPECTOS ÉTICOS**

La investigación cumple con los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos institucionales y aquellas establecidas en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y sus enmiendas:

Respecto al riesgo superior al mínimo que representa la aplicación endovenosa de material radiactivo se prestará atención adecuada al principio ALARA – Tan bajo como razonablemente sea posible- el uso de radiación ionizante.

Se elabora una carta de consentimiento informado. (26)

## RESULTADOS

Se revisaron estudios de gammagrafía renal de 371 pacientes realizado en el servicio de medicina nuclear del hospital de especialidades del Centro Médico Siglo XXI, que cumplieron con los criterios de inclusión, con una media de  $45.85 \pm 15.86$  años de edad, con un mínimo de edad de 18 años y un máximo de 86 años de edad, de los cuales 152 fueron hombres y 219 fueron mujeres.

El peso promedio de los pacientes fue de  $70.36 \pm 13.55$  kg, con un mínimo de 36 kg y un máximo de 112 kg. La estatura promedio de los pacientes fue de  $161.294 \pm 9.36$  cm con un máximo de estatura de 142 cm y un máximo de estatura de 191 cm.

Cabe hacer mención que solo 201 pacientes contaban con depuración de creatinina de 24 horas, con una media de  $74.83 \pm 32.60$  y de estos solo 52 pacientes eran potenciales donadores en protocolo de estudio.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la gammagrafía renal tiene un coeficiente de correlación de Pearson del 0.85, siendo muy buena correlación entre las muestras de sangre radiomarcados y lo reportado en el servicio de medicina nuclear. Cabe señalar que existe un correlación de Pearson de 0.709 de los equipo gammagráficos y la toma de muestras de sangre radiomarcados, por lo que se decidió hacer un análisis por equipo gammagráfico. Encontrándose los siguientes hallazgos; en el equipo gammagráfico Philips Precedence existe una correlación de 0.77, debiéndose aplicar un factor de corrección a los estudios adquiridos de 0.14%; en equipo gammagráfico Mediso

una correlación de 0.648, debiéndose aplicar un factor de corrección a los estudios adquiridos de 0.39%; en equipo gammagráfico Siemens una correlación de 0.73, debiéndose aplicar un factor de corrección a los estudios adquiridos de 0.23%; y en equipo Sopa una correlación de 0.71, debiéndose aplicar un factor de corrección de 0.50%.

Además se decidió analizar a los médicos de medicina nuclear que intervinieron en la realización de los estudios de medicina nuclear; se obtuvo los siguientes resultados; con el observador 1 se encontró una correlación de Pearson con lo procesado en el equipo gammagráfico de 0.86 y con lo interpretado en el reporte oficial una correlación de Pearson de 0.879; con el observador 2 se encontró una correlación de Pearson con lo procesado en el equipo gammagráfico de 0.62 y con lo interpretado en el reporte oficial una correlación de Pearson de 0.85; con el observador 3 se encontró una correlación de Pearson con lo procesado en el equipo gammagráfico de 0.644 y con lo interpretado en el reporte oficial una correlación de Pearson de 0.888; y con el observador 4 se encontró una correlación de Pearson con lo procesado en el equipo gammagráfico de 0.76 y con lo interpretado en el reporte oficial una correlación de Pearson de 0.77.

Se encontró una moderada correlación (Índice R) de la depuración de creatinina de 24 horas, con respecto a los estudios de medicina nuclear, los cuales corresponden: a equipos gammagráficos y toma de dos muestras de sangre radioisotópica.

Se rechaza la hipótesis nula ya que se demostró que se tiene una confiabilidad de 0.85, este valor esta en relación a lo que marca la literatura.

**Tabla 1.-Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Estadístico	Gl	Sig.
TFG en equipo gammagráfico	.042	371	.176
TFG por muestra de sangre corregido por edad y superficie de área corporal.	.045	371	.070

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Tabla 2 .-Correlación de la TFG en equipo gammagráfico, TFG en reporte oficial y TFG por toma de muestras de sangre radiomarcada.**

		Filtrado glomerular en equipo gammagráfico normalizado	Filtrado Glomerular en reporte Oficial	TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de area corporal.
Filtrado glomerular en equipo gammagráfico normalizado	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  371	.734** .000 371	.709** .000 371
Filtrado glomerular en reporte oficial	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.734** .000 371	1  371	.850** .000 371
TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de area corporal.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.709** .000 371	.850** .000 371	1  371

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

**Tabla 3.- Descriptivos de 98 estudios en equipo gammagráfico Philips**

		Estadístico	Error estándar	
Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico Philips	Media	63.5511	3.41633	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	56.7706	
		Límite superior	70.3316	
	Media recortada al 5%	62.0921		
	Mediana	59.9000		
	Varianza	1143.790		
	Desviación estándar	33.81996		
	Mínimo	.00		
	Máximo	168.22		
	Rango	168.22		
	Rango intercuartil	48.30		
	Asimetría	.600	.244	
	Curtosis	.175	.483	
TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal.	Media	72.716964277814280	3.681037365767929	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	65.411124069392460	
		Límite superior	80.022804486236110	
	Media recortada al 5%	72.177952332925830		
	Mediana	67.031089486793590		
	Varianza	1327.904		
	Desviación estándar	36.440410763897950		
	Mínimo	6.087369204400232		
	Máximo	153.508535482948960		
	Rango	147.421166278548720		
	Rango intercuartil	57.077116808234436		
	Asimetría	.270	.244	
	Curtosis	-.766	.483	

**Tabla 4.- Descriptivo de 132 estudios en equipo gammagráfico Mediso**

		Estadístico	Error estándar	
Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico Mediso	Media	56.5733	2.55980	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	51.5094	
		Límite superior	61.6372	
	Media recortada al 5%	55.8122		
	Mediana	56.5000		
	Varianza	864.942		
	Desviación estándar	29.40989		
	Mínimo	4.70		
	Máximo	145.40		
	Rango	140.70		
	Rango intercuartil	38.95		
	Asimetría	.345	.211	
	Curtosis	-.163	.419	
	TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal.	Media	78.160690734594000	2.980143091004184
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	72.265256819549680	
		Límite superior	84.056124649638320	
Media recortada al 5%		78.196196205050770		
Mediana		79.703451187253110		
Varianza		1172.325		
Desviación estándar		34.239237363842030		
Mínimo		.4465444194599739		
Máximo		157.4156093116412000		
Rango		156.9690648921812200		
Rango intercuartil		43.4674384879630600		
Asimetría		-.054	.211	
Curtosis		-.503	.419	

**Tabla 5.- Descriptivo de 100 estudios gammagráficos en equipo Siemens**

		Estadístico	Error estándar	
Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico Siemens	Media	68.1059	3.34552	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	61.4677	
		Límite superior	74.7441	
	Media recortada al 5%	68.2910		
	Mediana	71.7500		
	Varianza	1119.248		
	Desviación estándar	33.45517		
	Mínimo	3.00		
	Máximo	144.90		
	Rango	141.90		
	Rango intercuartil	47.83		
	Asimetría	-.150	.241	
	Curtosis	-.775	.478	
	TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal.	Media	84.449285551312020	3.524543375429023
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	77.455826839185700	
		Límite superior	91.442744263438330	
Media recortada al 5%		84.502574393312900		
Mediana		85.436350434686940		
Varianza		1242.241		
Desviación estándar		35.245433754290225		
Mínimo		15.959960057765946		
Máximo		156.438012464350520		
Rango		140.478052406584570		
Rango intercuartil		49.249211507885920		
Asimetría		-.146	.241	
Curtosis		-.808	.478	

**Tabla 6.- Descriptivo de 41 estudios en equipo gammagráfico Sopha**

		Estadístico	Error estándar	
Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico Sopha	Media	32.4451	3.73745	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	24.8915	
		Límite superior	39.9988	
	Media recortada al 5%	31.1022		
	Mediana	28.0000		
	Varianza	572.710		
	Desviación estándar	23.93136		
	Mínimo	.00		
	Máximo	98.14		
	Rango	98.14		
	Rango intercuartil	37.00		
	Asimetría	.669	.369	
	Curtosis	-.097	.724	
TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal.	Media	64.066940014727780	5.328857781560264	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	53.296916693975820	
		Límite superior	74.836963335479740	
	Media recortada al 5%	64.155812284269620		
	Mediana	59.188250057685910		
	Varianza	1164.266		
	Desviación estándar	34.121338418941164		
	Mínimo	5.393836253404308		
	Máximo	118.463983026415750		
	Rango	113.070146773011440		
	Rango intercuartil	57.319299192347216		
	Asimetría	.111	.369	
	Curtosis	-1.242	.724	

**Tabla 7.- Reportes de Observador 1**

		Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico	TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal	Filtrado glomerular en reporte oficial.
Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	1	.856** .000	.868** .000
	N	79	79	79
TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	.856** .000	1	.879** .000
	N	79	79	79
Filtrado glomerular en reporte oficial.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	.868** .000	.879** .000	1
	N	79	79	79

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

**Tabla 8.- Reportes de Observador 2**

		Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico	TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal	Filtrado glomerular en reporte oficial.
Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	1	.627** .000	.624** .000
	N	34	34	34
TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	.627** .000	1	.856** .000
	N	34	34	34
Filtrado glomerular en reporte oficial.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	.624** .000	.856** .000	1
	N	34	34	34

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

**Tabla 9.- Reportes de Observador 3**

		Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico	Filtrado glomerular en reporte oficial.	TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal
Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  195	.673** .000 195	.644** .000 195
Filtrado glomerular en reporte oficial.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.673** .000 195	1 .000 195	.888** .000 195
TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.644** .000 195	.888** .000 195	1  195

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

**Tabla 10.- Reportes de Observador 4**

		Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico	Filtrado glomerular en reporte oficial.	TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal
Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  46	.888** .000 46	.760** .000 46
Filtrado glomerular en reporte oficial.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.888** .000 46	1 .000 46	.778** .000 46
TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.760** .000 46	.778** .000 46	1  46

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

**Tabla 11.-Correlación de TFG en equipo gammagráfico, TFG por muestras de sangre radiomarcados y TFG por creatinina de 24 horas.**

		Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico	TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal	Filtrado Glomerular por depuración de Creatinina de 24 hrs.
Filtrado Glomerular en equipo gammagráfico	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1  201	.667** .000 201	.495** .000 201
TFG por toma de muestras de sangre corregido por edad y superficie de área corporal	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.667** .000 201	1  201	.670** .000 201
Filtrado Glomerular por depuración de Creatinina de 24 hrs.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.495** .000 201	.670** .000 201	1  201

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

**Tabla 12.- Índice R en el estudio.**

Índice R	Interpretación
0.00-0.20	Ínfima correlación
0.20-0.40	Escasa correlación
0.40-0.60	Moderada correlación
0.60-0.80	Buena correlación
0.80-1.00	Muy buena correlación

Gráfico Q-Q normal de en reporte oficial y muestras de sangres

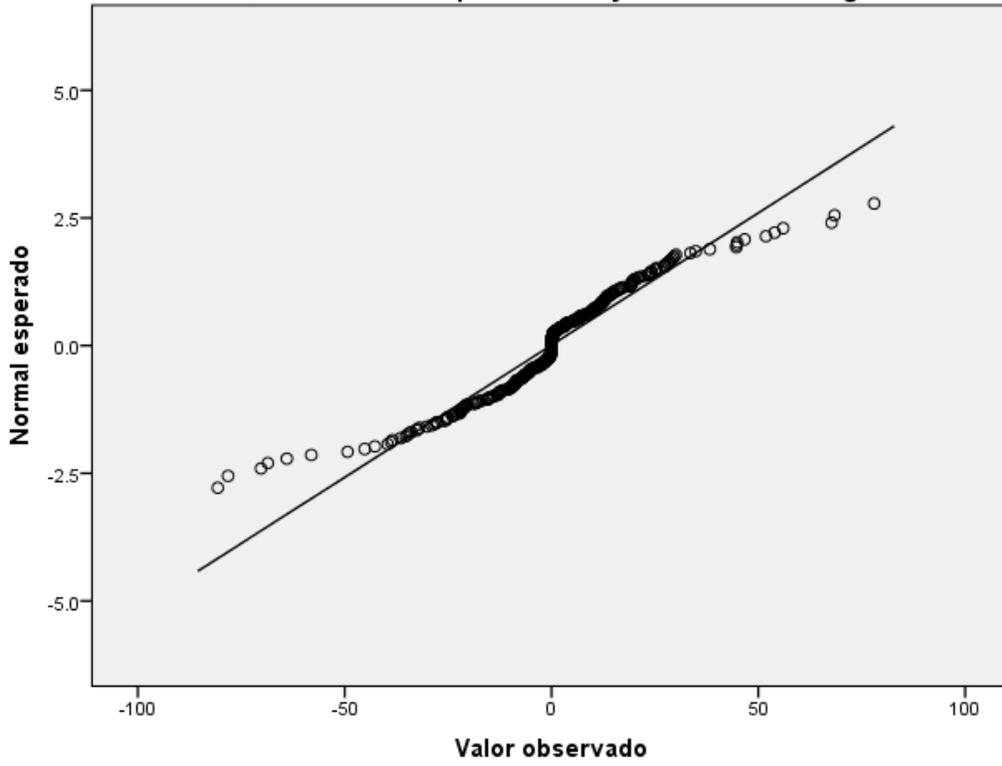
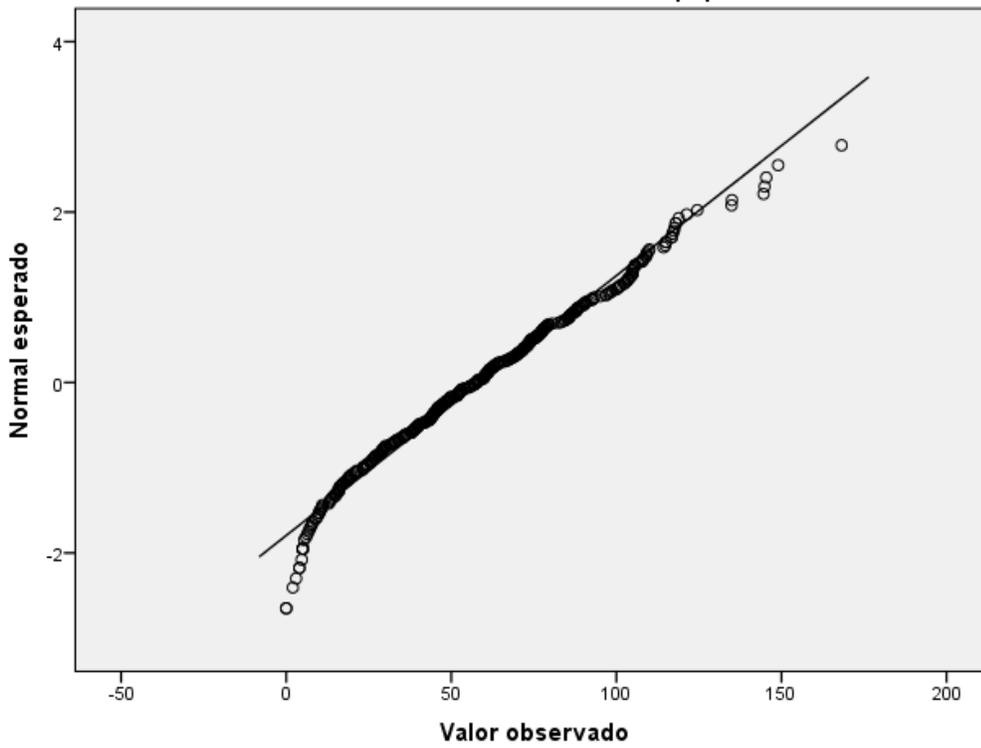
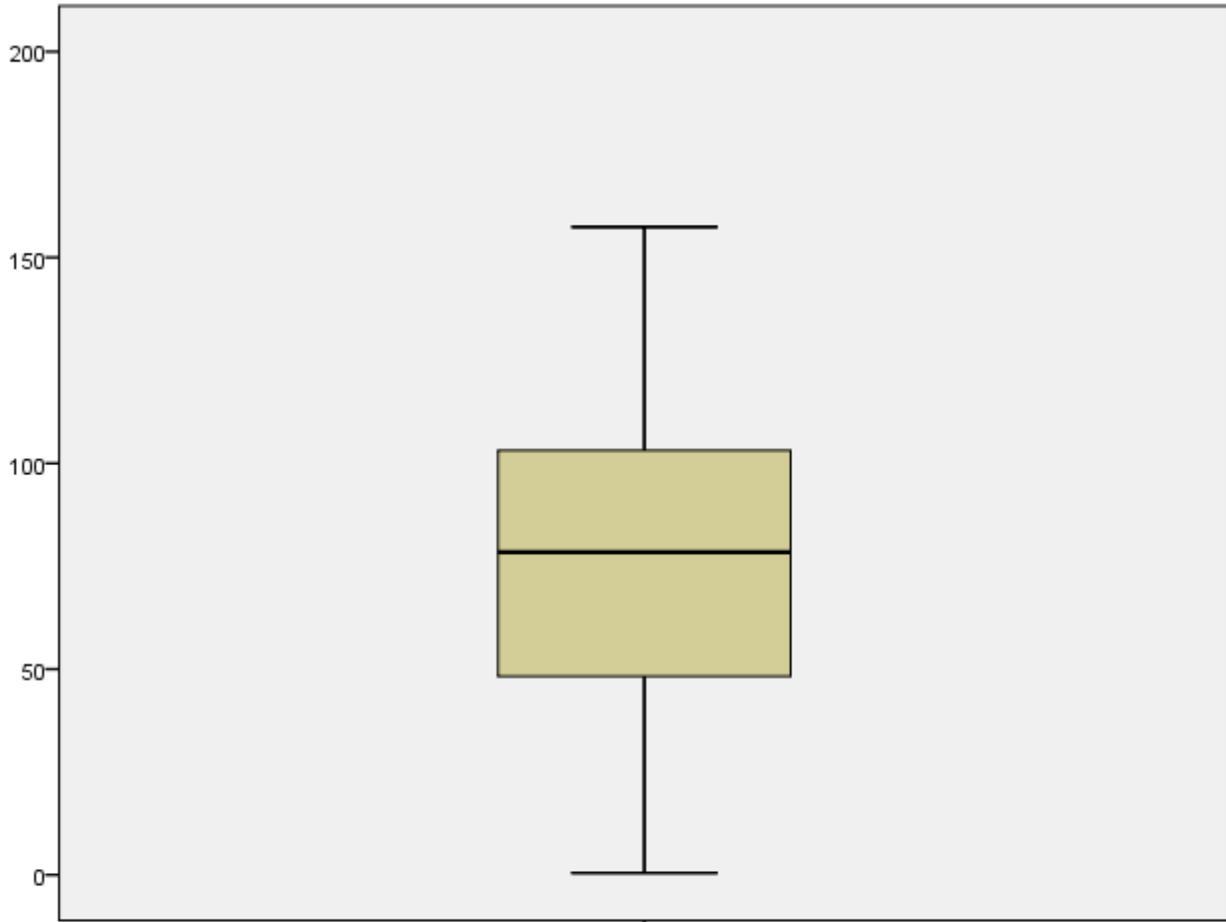


Gráfico Q-Q normal de Filtrado Glomerular en Equipo Normalizado





TFG por muestras de sangre radiomarcadas corregidas por edad y superficie de area corporal

## DISCUSIÓN

Los pacientes estudiados abarcaron una amplia gama de edades, siendo la mayor frecuencia entre los 30 y 60 años. El grupo de mujeres es más frecuentes que el de hombres, con respecto a los resultados obtenidos en el estudio de la cuantificación de la TFG y correlacionan con lo que dicta la literatura mundial.

Nuestra revisión demostró que existe una muy buena correlación con los estudios de gammagrafía renal. Con los resultados obtenidos, encontramos los distintos factores que pueden intervenir en el cálculo de la TFG como: la mala hidratación del paciente; la estabilidad de radiofármaco  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  (ININ), este se vuelve más inestable cada hora que transcurre posterior a su preparación en radiofarmacia; en el fraccionamiento del radiofármaco puede haber parte del él en los tapones de agujas, con lo cual se inyecta una menor cantidad de actividad, el compuesto ya marcado debe mantenerse a una temperatura de 2-8 C°, conforme lo marca el manual de preparación de algunas casas comerciales; mala técnica de inyección del preparado radiomarcado en la vena del paciente, esto permite que parte del material inyectado se infiltre a tejido extravascular, provocando mala estimación de la TFG; el mal registro en los formatos, de los tiempos de la extracción de la toma de muestra de sangre radiomarcada, peso, talla y edad, por personal que interviene en el estudio; todos ellos contribuyen a un error en la cuantificación por este método.

En base a lo anterior se sugiere implementar las siguientes medidas correctivas, para disminuir los errores en la cuantificación de la TFG y así elevar

nuestro índice de correlación: una buena hidratación del paciente como lo marcan las guías internacionales, canalizar a todos los pacientes antes de realizarse el estudio; entregar la dosis del radiofármaco en contenedores individuales conforme se realiza cada estudio y guardar el resto de las dosis en refrigeración; anotar debidamente el tiempo en el que se extraen las muestras de sangre de los pacientes, así como su peso y talla, para una debida corrección en los resultados obtenidos; aplicar los factores de corrección de las diferentes gammacámaras a los resultados obtenidos en ellas.

Cabe hacer mención que los valores obtenidos de la TFG por gammagrafía renal, aumenta su mala correlación en pacientes con daño renal avanzado.

Es cuestionable que en el presente estudio no se haya utilizado el estándar de oro que es la inulina o algunos de los radiofármacos ya estandarizados en la literatura mundial, para hacer una correcta correlación, pero esto no fue posible, ya que no se contaba con este insumo dentro del instituto. Sin embargo tomamos como antecedente la estandarización hecha del  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA en la tesis realizada por Iwasaki y cols.

El motivo que originó la realización de este trabajo fue la discrepancia de los valores de TFG obtenidos en los equipos gammagráficos utilizados para realizar los estudios de gammagrafía renal en el servicio de medicina nuclear y los valores de TFG calculado por distintas fórmulas utilizadas por los nefrólogos,

así como depuración de creatinina de 24 horas. Una de las conclusiones a la que se llegó, es que el estudio de gammagrafía renal a pesar de ser un estudio con bases fisiológicas, es operador dependiente, siendo un sesgo que influye en el cálculo de la TFG del paciente, pero cabe señalar que el cálculo de la TFG por depuración de creatinina de 24 horas y la TFG por distintas fórmulas matemáticas, también es dependiente del paciente y de una adecuada toma de la muestra preanalítica y un correcto procesamiento de las muestras por laboratorio.

Para finalizar es importante unificar entre los distintos médicos nucleares, los criterios de procesamiento en los distintos equipos gammagráficos, para elevar nuestra correlación de la TFG.

## **CONCLUSIONES**

El estudio de Medicina Nuclear de gammagrafía renal, tiene una muy buena correlación, además cabe destacar que es un estudio útil para valorar la función glomerular de los riñones por separado en distintas patologías e identificar por imagen hallazgos de perfusión, concentración y eliminación de cada riñón, que es de vital importancia en el diagnóstico de cada paciente.

Con los datos concluimos que el estudio de medicina nuclear para determinar la función glomerular sigue siendo un parámetro importante para valorar a los potenciales donadores y su seguimiento.

## **BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA**

1. Méndez D. A. (2014) Panorama epidemiológico de la insuficiencia renal crónica en el segundo nivel de atención del Instituto Mexicano del Seguro Social.

2. Inker LA, Astor BC, Fox CH, Isakova T, Lash JP, Peralta CA, Kurella Tamura M, Feldman HI. (2014). KDOQI US commentary on the 2012 KDIGO clinical practice guideline for the evaluation and management of CKD. *Journal of Kidney Diseases*.

3. Barbour GL, Crumb CK, Boyd CM, Reeves RD, Rastogi SP, Patterson RM. (1976). Comparison of inulin, iothalamate, and <sup>99m</sup>Tc-DTPA for measurement of glomerular filtration rate. *Journal of Nuclear Medicine*.

4. Hernández Ocampo J, Torres Rosales A, Rodríguez Castellanos F. (2010). Comparison of four methods for measuring glomerular filtration rate by inulin clearance in healthy individuals and patients with renal failure. *Nefrología*; 30: 324-30.

5. Gates GF. (1982). Glomerular filtration rate: estimation from fractional renal accumulation of <sup>99m</sup>Tc-DTPA (stannous). *AJR Am J Roentgenol*.

6. Fisher M, Veall N. (1975) Glomerular filtration rate estimation based on a single sample. *Br. Med J* 2:542.

7. Russell CO, Bischoff PG, Kontzen FN, et al. (1985) Measurement of glomerular filtration rate: single injection plasma clearance method without urine collection. *Journal Nuclear Medicine* 26: 1243-1247.

8. Constable AR, Hussein MM, Albrecht MP, et al. (1980). Renal clearance determined from single plasma samples. In Hollenberg NK, Lange S, eds: *Radionuclides in nephrology*, pp 62-66, Stuttgart, Georg Thieme.

9. Mulligan JS, Blue PW, Hasbargen JA. (1990). Methods for measuring GFR with technetium-99m-DTPA: an analysis of several common methods, *Journal Nuclear Medicine* 31:1211-1219.

10. Tauxe WN (1985) Glomerular filtration. *Nuclear medicine in clinical urology and nephrology*, pp 61-76, Norwalk, Conn, , Appleton-Century-Crofts.

11. Iwasaki M. (1994). Comparación de  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA y  $^{125}\text{I}$  Iotalamato para la medición del filtrado glomerular, tesis para obtener el grado de especialista en medicina nuclear, hospital de especialidades centro médico nacional, siglo XXI, México, D.F.

12. Taylor AT Jr, Fletcher JW, Nally JV Jr, Blaufox MD, Dubovsky EV, Fine EJ, Kahn D, Morton KA, Russell CD, Sfakianakis GN, Aurell M, Dondi M, Fommei E, Geyskes G, Granerus G, Oei HY. (1998) Procedure guideline for diagnosis of renovascular hypertension. Society of Nuclear Medicine. *Journal Nuclear Medicine*.

13. Piepsz A, Denis R, Ham HR, et al. (1978) A simple method for measuring separate glomerular filtration rate using a single injection of  $^{99m}\text{Tc}$ \_DTPA and the scintillation camera, *Journal Pediatric* 93:769-774.

14. Leinbach LB. (1965) The utilization of the intravenous pyelogram in a study of kidney Function. *Radiology Clinical North Am* 3:41-49.

15. Jackson J, Blue PW, Ghaed N. (1985). Glomerular filtration rate determined in conjunction with routine renal scanning, *Radiology* 154:203-205.

16. Piepsz A, Denis R, Ham HR, et al. (1978). A simple method for measuring separate glomerular filtration rate using a single injection of  $^{99m}\text{Tc}$ \_DTPA and the scintillation camera, *Journal Pediatric* 93:769-774.

17. Ginjaume M, Casey M, Barker F, et al. (1986). A comparison between four simple methods for measuring glomerular filtration rate using technetium- $^{99m}$  DTPA, *Clinical Nuclear Medicine* 11:647-650.

18. Dubovsky EV, Russell CD. (1982). Quantitation of renal function with glomerular and tubular agents. Seminar Nuclear Medicine. 12:308-29.
19. Goates JJ, Morton KA, Whooten WW, Greenberg HE, Datz FL, Handy JE, Scuderi AJ, Haakenstad AO, Lynch RE. (1990). Comparison of methods for calculating glomerular filtration rate: technetium-99m-DTPA scintigraphic analysis, protein-free and whole-plasma clearance of technetium-99m-DTPA and iodine-125-iothalamate clearance. Journal Nuclear Medicine ;31:424-9
20. Robert E. Henkin, MO, FACNP, FACR, 2nd Edition, (2006). Nuclear Medicine.
21. Taylor AT, Garcia EV. (2014). Computer-assisted diagnosis in renal nuclear medicine: rationale, methodology, and interpretative criteria for diuretic renography. Seminar Nuclear Medicine.
22. Sfakianaki E, Sfakianakis GN, Georgiou M, Hsiao B. (2013). Renal scintigraphy in the acute care setting. Seminar Nuclear Medicine.
23. Prigent A. (2008). Monitoring renal function and limitations of renal function tests. Seminar Nuclear Medicine.

24. Aktaş A. (2014) Transplanted kidney function evaluation. Seminar Nuclear Medicine.

25. Ziessman, H., O'Malley, J., Thrall, J. (2014). Nuclear Medicine, The Requisites. Philadelphia: Elsevier, Mosby.

26. Asamblea médica mundial. (2008). Declaración De Helsinki De La Asociación Médica Mundial, Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Octubre 2008, de Asociación Médica Mundial Sitio web: [http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c\\_es.pdf](http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c_es.pdf)

27. Prigent A, Cosgriff P, Gates GF, Granerus G, Fine EJ, Itoh K, Peters M, Piepsz A, Rehling M, Rutland M, Taylor A Jr. (1999). Consensus report on quality control of quantitative measurements of renal function obtained from the renogram: International Consensus Committee from the Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology. Seminar Nuclear Medicine.

## ANEXOS

### ANEXO: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nombre del Paciente: \_\_\_\_\_  
Afiliación: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_\_  
Genero: \_\_\_\_\_  
Hospital de Procedencia: \_\_\_\_\_  
Diagnóstico de Envió: \_\_\_\_\_  
Edad (Años): \_\_\_\_\_  
Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_  
Peso (Kg): \_\_\_\_\_  
Talla (cm): \_\_\_\_\_  
IMC (kg/m<sup>2</sup>): \_\_\_\_\_  
Depuración de creatinina en 24 horas (ml/min): \_\_\_\_\_  
Estándar de Muestra de Sangre: \_\_\_\_\_  
Cuentas de Muestra de sangre a los 120 Min: \_\_\_\_\_  
Cuentas de Muestra de sangre a los 180 Min: \_\_\_\_\_  
FPRE por Equipo Gammagráfico (ml/min): \_\_\_\_\_  
FPRE Reportado por Medico Nuclear (ml/min): \_\_\_\_\_  
TFG por Muestras de Sangre (ml/min): \_\_\_\_\_  
TFG por Equipo Gammagráfico (ml/min): \_\_\_\_\_  
TFG Reportado por Medico Nuclear (ml/min): \_\_\_\_\_  
Equipo de adquisición que se utilizó: \_\_\_\_\_  
Porcentaje Diferencial por riñones: \_\_\_\_\_  
Tipo de Marcaje del radiofármaco: \_\_\_\_\_  
Medico Nuclear que interpreto el estudio: \_\_\_\_\_  
Diagnostico por gammagrafía Renal: \_\_\_\_\_



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN  
Y POLITICAS DE SALUD  
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD  
CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO  
(ADULTOS)**

..... CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN

Nombre del estudio:	RELACIÓN DEL CÁLCULO DE LA TASA DE FILTRADO GLOMERULAR CON <sup>99m</sup> Tc-DTPA POR CÁMARAS DE CENTELLEO, MÉTODO DE DOS MUESTRAS DE SANGRE Y DEPURACIÓN DE CREATININA DE 24 HORAS EN EL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ"
Patrocinador externo (si aplica):	No aplica.
Lugar y fecha:	Mexico, DF. C.M.N. SIGLO XXI H. Especialidades
Número de registro:	No se cuenta.
Justificación y objetivo del estudio:	Medir y comparar la tasa de filtrado glomerular en los distintos equipos gammagráficos del servicio de medicina nuclear y determinar su coeficiente de correlación con la técnica de doble toma de muestra de sangre y valores de laboratorio de depuración de creatinina de 24 horas.
Procedimientos:	Recolección de datos de estudio gammagráfico
Posibles riesgos y molestias:	Ninguno, por ser un estudio retrospectivo.
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	Mejorar la atención en general.
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	No aplica
Participación o retiro:	No aplica
Privacidad y confidencialidad:	Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento sin que con ello afecte la atención médica que recibo del Instituto Mexicano del Seguro Social. El médico investigador principal me ha dado seguridades de que no se me identificará en las presentaciones y/o publicaciones que deriven del estudio y de que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados en forma confidencial.

En caso de colección de material biológico (si aplica): NO APLICA

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

- No autoriza que se tome la muestra.
- Si autorizo que se tome la muestra solo para este estudio.
- Si autorizo que se tome la muestra para este estudio y estudios futuros.

Disponibilidad de tratamiento médico en derechohabientes (si aplica):

Beneficios al término del estudio: NINGUNO

En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:

Investigador Responsable: DRA. ROSA MARÍA VILLANUEVA PÉREZ JSMN

Colaboradores: DR. URIEL SALVADOR VARGAS CORTES / DR. JORGE IVÁN GONZÁLEZ DÍAZ.

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comisión de Ética de Investigación de la CNIC del IMSS: Avenida Cuauhtémoc 330 4° piso Bloque "B" de la Unidad de Congresos, Colonia Doctores. México, D.F., CP 06720. Teléfono (55) 56 27 69 00 extensión 21230, Correo electrónico: [comision.etica@imss.gob.mx](mailto:comision.etica@imss.gob.mx)

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del sujeto

\_\_\_\_\_  
Testigo 1

\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento

\_\_\_\_\_  
Testigo 2

\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

**Clave: 2810-009-013**