



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIO DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

PETRÓLEOS MEXICANOS  
SUBDIRECCION DE SERVICIO DE SALUD  
GERENCIA DE SERVICIOS MÉDICOS  
HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

EVALUACIÓN HEMODINÁMICA DEL ESTADO DE VOLUMEN MEDIANTE PROTOCOLO VEXUS Y  
ULTRASONIDO PULMONAR EN PACIENTES DE LA UNIDAD DE HEMODIÁLISIS DEL HOSPITAL  
CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

TESIS DE POSGRADO  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICO ESPECIALISTA EN NEFROLOGÍA

PRESENTA  
DR. JOSE ALFONSO MARTINEZ CASTRO

TUTOR DE TESIS  
DR. MARIO ALBERTO SEBASTIAN DIAZ

COTUTOR DE TESIS  
DR. MARCO ANTONIO CARMONA ESCAMILLA

CIUDAD DE MEXICO A JUNIO 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PETRÓLEOS MEXICANOS

SUBDIRECCIÓN DE SERVICIOS DE SALUD

GERENCIA DE SERVICIOS MÉDICOS

HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

EVALUACIÓN HEMODINÁMICA DEL ESTADO DE  
VOLUMEN MEDIANTE PROTOCOLO VEXUS Y  
ULTRASONIDO PULMONAR EN PACIENTES DE LA UNIDAD  
DE HEMODIÁLISIS DEL HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA  
ESPECIALIDAD

TESIS DE POSGRADO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO ESPECIALISTA EN NEFROLOGÍA

PRESENTA:

DR. JOSE ALFONSO MARTINEZ CASTRO

TUTOR DE TESIS:

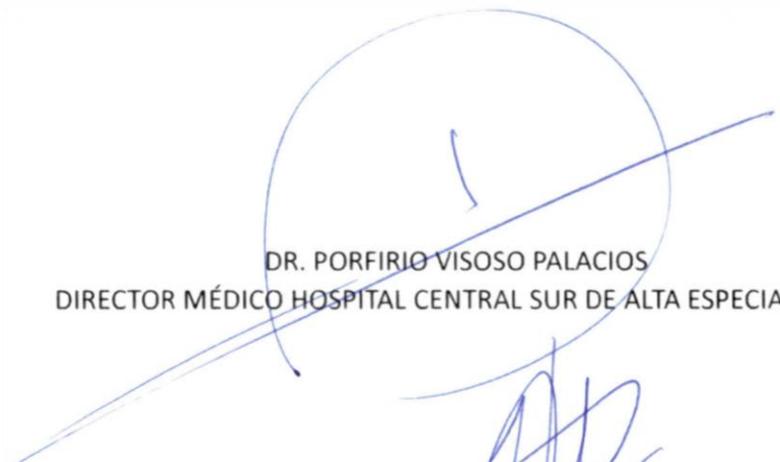
DR. MARIO ALBERTO SEBASTIÁN DÍAZ

COTUTOR DE TESIS

DR MARCO ANTONIO CARMONA ESCAMILLA



CIUDAD DE MÉXICO JUNIO 2023



DR. PORFIRIO VISOSO PALACIOS  
DIRECTOR MÉDICO HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD



DR. HUMBERTO COTA GÓMEZ  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN



DR. MARCO ANTONIO CARMONA ESCAMILLA  
JEFE DEL SERVICIO



DR. MARIO ALBERTO SEBASTIÁN DÍAZ  
TUTOR DE TESIS Y PROFESOR TITULAR DEL CURSO



DR. MARCO ANTONIO CARMONA ESCAMILLA  
COTUTOR DE TESIS



DR. JOSE ALFONSO MARTINEZ CASTRO  
RESIDENTE

INDICE	PAGINA
Índice general-----	1
Agradecimientos-----	2
Resumen-----	3
Título-----	5
Introducción-----	6
Marco teórico-----	9
Justificación-----	19
Planteamiento del problema-----	21
Pregunta de investigación-----	25
Objetivos-----	26
Tipo de estudio-----	27
Diseño-----	27
Definición del universo de estudio-----	27
Criterios de inclusión-----	25
Criterios de exclusión-----	25
Criterios de eliminación-----	28
Definición de variables y cuadro de operalización de las variables----	29
Material y métodos-----	40
Recursos y logística-----	40
Consideraciones éticas-----	41
Resultados-----	44
Discusión-----	59
Conclusiones-----	64
Limitaciones del estudio-----	66
Estudios posteriores y propuestas-----	68
Referencias-----	69
Anexos-----	73

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al servicio de Nefrología, por estos tres años llenos de aprendizaje, particularmente al Dr. Mario Alberto Sebastián Díaz por su orientación en este trabajo, por su compromiso con la formación de médicos residentes de nefrología y por enseñarnos a ver al paciente como una prioridad.

Agradezco a mis compañeros de residencia con quien compartí momentos épicos de la vida hospitalaria.

Así mismo a mi familia, con su ayuda pude cumplir un proyecto más, palabras sobrarían más allá de este trabajo, a mis padres por su apoyo constante, a mi esposa compañera de sueños y a mi pequeña Danna quien, sin entender el contexto, sabrá que, a pesar de las ausencias, todo fue por un mañana mejor.

## Resumen

Introducción: El estado de euvolemia es un objetivo imperativo en el manejo de pacientes con enfermedad renal crónica y hemodiálisis. La sobrecarga hídrica supone un factor de riesgo cardiovascular importante y modificable en los pacientes en hemodiálisis. El uso del peso seco mediante parámetros clínicos ha contribuido a disminuir la morbimortalidad. El empleo de ultrasonido pulmonar y protocolo VEXUS, aunque no son un método validado para la evaluación de la volemia, contribuyen a un panorama más amplio del estado de volumen los pacientes en hemodiálisis.

Objetivo Determinar el estado de volumen, mediante evaluación clínica, la presencia de Líneas B pulmonares, derrame pleura y la escala VeXUS por medio de Ultrasonido, antes y después la sesión de hemodiálisis al inicio de semana en pacientes tratados en la Unidad de Hemodiálisis del Hospital Central Sur de Alta Especialidad

Métodos: Se llevo a cabo un estudio observacional, analítico, retrospectivo, longitudinal donde se realizó, evaluación clínica, ultrasonido pulmonar y protocolo VEXUS a los pacientes de hemodiálisis crónica para determinar el estado de volumen.

Resultados: Se incluyeron 16 pacientes a quienes se les otorgo terapia de remplazo renal modalidad intermitente, en el periodo comprendido del 01 de marzo de 2023 al 30 de abril 2023, con un promedio de edad de 67 años, 62.5% hombre y 37.5% mujeres, la etiología de la enfermedad renal crónica que predomino fue diabetes mellitus con un 75%, seguida de nefropatía membranosa en un 12.5%. Un 31.3% presentaba antecedente de cardiopatía isquémica. Al realizar la evaluación pre hemodiálisis se documentó diagnóstico de hipervolemia mediante evaluación clínica en un 18%, por ultrasonido pulmonar en un 56.3% y por protocolo VeXUS en un 37.6%. Posteriormente al finalizar la sesión de hemodiálisis se encontró diagnóstico de hipervolemia en un 2% de los pacientes evaluados con ultrasonido

pulmonar, con la valoración clínica y el protocolo VeXUS no se diagnosticó ningún paciente con hipervolemia. La evaluación clínica obtuvo una sensibilidad del 38%, especificidad del 100%, valor predictivo negativo de 63.5% y valor predictivo positivo de 0 %. El ultrasonido pulmonar una sensibilidad del 88%, especificidad del 75%, valor predictivo negativo 12.5%, valor predictivo positivo del 25%. El protocolo VeXUS una sensibilidad del 63%, especificidad del 88%, valor predictivo negativo 37.5 % y valor predictivo positivo del 12.5%.

Conclusiones: El uso de ultrasonido en la valoración de la volemia permite diagnosticar casos de hipervolemia que la clínica no determino, así mismo se observó que los cambios ultrasonográficos son muy evidentes al comparar la evaluación pre y post hemodiálisis.

Palabras clave: Enfermedad renal crónica, hemodiálisis, Hipervolemia, evaluación clínica, ultrasonido pulmonar, VeXUS.

EVALUACIÓN HEMODINÁMICA DEL ESTADO DE VOLUMEN MEDIANTE PROTOCOLO VEXUS Y ULTRASONIDO PULMONAR EN PACIENTES DE LA UNIDAD DE HEMODIÁLISIS DEL HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

## INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica es un síndrome clínico que resulta de múltiples enfermedades heterogéneas que alteran la función y la estructura de los riñones de forma irreversible a lo largo de tiempo (semanas, meses años), teniendo un gran impacto por su incremento en el riesgo cardiovascular y la mortalidad sobre todo si se encuentran relacionadas con diabetes mellitus e hipertensión arterial sistémica.

Uno de los mejores indicadores para establecer el diagnóstico de enfermedad renal crónica sigue siendo la tasa de filtrado glomerular, las guías internacionales la definen como un descenso en la función renal demostrada por una tasa de filtrado menor de 60 mililitros minuto por 1.73 metros cuadrados o presencia de marcadores de daño renal (albuminuria, anormalidades del sedimento urinario, anormalidades electrolíticas debidas a daño tubular, anormalidades en la histología renal, anormalidades estructurales documentadas por estudios de imagen, historia de trasplante renal), ambos por al menos 3 meses de duración. Al ser una enfermedad crónica y degenerativa, en la que con y a pesar del buen o mal apego al manejo médico, evolucionará hacia la enfermedad renal crónica terminal, correspondiente a la etapa 5 de la clasificación de KDIGO, en la cual se requerirá de algún tipo de terapia de reemplazo renal, existiendo múltiples posibilidades (tratamiento médico, diálisis peritoneal, hemodiálisis y trasplante renal).

A pesar de lo anteriormente expuesto, en México se cuenta con un subregistro de la cantidad de pacientes con nefropatía terminal, siendo un problema de salud pública de cada centro hospitalario de cada localidad de la república mexicana.

La hemodiálisis es una opción como terapia de reemplazo renal es muy conocido por personal médico y no médico que se elimina toxinas urémicas y agua de la sangre, sin embargo, existen otros beneficios como mejor control tensional, equilibrio de electrolitos (sodio, potasio, cloro, fosforo, calcio y magnesio), todo esto con el objetivo de mejorar calidad de vida y el paciente se sienta mejor.

La congestión (exceso de volumen) en el paciente en hemodiálisis crónica, resulta en un escenario clínico que confiere mayor mortalidad e ingresos hospitalarios. El concepto de congestión ha presentado una evolución en los últimos años, anteriormente en el síndrome cardiorrenal tipo 1 creíamos que la lesión renal aguda se relacionaba a cambios hemodinámicos que precipitaban hipoperfusión, pero es sabido que más de dos terceras partes de los pacientes con insuficiencia cardiaca aguda tienen congestión sin hipoperfusión.

En los pacientes congestivos, existe un incremento de la presión venosa central que se trasmite a través de distintos vasos, como lo es la vena cava, la vena hepática, la vena porta y las venas renales, aumentando la post carga renal y la presión intra renal. Este aumento en la presión descende la perfusión renal y el flujo dentro de los túbulos de las nefronas, trayendo una disminución en la tasa de filtrado glomerular y un incremento en la retención de agua y sodio, mediado por el sistema renina angiotensina aldosterona, aunado a daño tubular consecuente de la activación de mecanismos proinflamatorios, dando paso a lo que recientemente se está denominando como “renosarca o nefropatía congestiva”.

El diagnóstico de congestión venosa, aunque pareciera fácil en un reto para el nefrólogo en el paciente en hemodiálisis, debido a que existen síntomas y signos característicos como ortopnea, disnea, edema, ingurgitación yugular, estertores pulmonares crepitantes los cuales apoyan el diagnóstico, pero su sensibilidad es limitada. Motivo por el cual la ecografía al pie de la cama “Point of care ultrasonography (PoCUS)” ha tenido un auge como una herramienta no invasiva, realizada en tiempo real y que puede ser reproducible.

El uso de PoCUS por parte del nefrólogo en hemodiálisis se puede estructurar de dos estrategias, el ultrasonido pulmonar “Lung UltraSound (LUS)” el cual permite valorar de forma rápida y precisa la congestión tisular y el “Venus Excess Ultrasound Grading System (VeXUS)” que valora la congestión vascular mediante el Doppler pulsado venoso para identificar y graduar la congestión.

Aun no se cuenta con el estándar de oro para determinar el estado de volumen en el paciente en hemodiálisis, la introducción de ultrasonido pulmonar y VeXUS podrá establecer una mejor evaluación hemodinámica durante las sesiones de hemodiálisis, lo que permitirá realizar ajuste al peso seco de una manera más objetiva.

## MARCO TEÓRICO

### ANTECEDENTES.

En la actualidad, se calcula que existen alrededor de dos millones de pacientes con Enfermedad Renal Crónica, constituyendo una de las principales causas de morbi mortalidad, situación que impacta no solo al mismo paciente, sino también a su familia e incluso a los sistemas de salud, puesto que se requiere un poco más de un billón de dólares para su atención, con gastos por arriba de 30 mil pesos al mes por cada paciente. (1)

Se estima que el número de casos continuará en aumento, y que, de hecho, si las condiciones actuales persisten, para el año 2025 habrán cerca de 212 mil casos y se registrarán casi 160 mil muertes relacionadas a dicha enfermedad. (2) (3)

La mortalidad en pacientes con diálisis es de 6.3 a 8.2 veces mayor a la registrada en la población general. En nuestro país, datos recientes del Instituto Mexicano del Seguro Social demuestran una población de 59,754 pacientes en terapias sustitutivas, de los cuales 35,299 se encuentran en diálisis peritoneal (59%) y 24, 455 en hemodiálisis (41%). Mejorar la calidad de vida de dichos pacientes permitirá que puedan continuar desempeñando sus actividades laborales o que sean incluidas en alguna. (3)

### MARCO DE REFERENCIA.

Importancia de la sobrecarga hídrica en la enfermedad renal crónica  
La preservación de normo hidratación es un objetivo imperativo en el manejo de los pacientes de especialidades como nefrología, cardiología y terapia intensiva. (4)

La sobre hidratación es una complicación común en este tipo de pacientes, que puede condicionar edema, disnea, y frecuentemente limita sus actividades, constituyendo una causa de búsqueda de atención médica e incluso de hospitalización. (5)

Una de las características de la enfermedad renal crónica en estadio terminal (ESRD, por sus siglas en inglés), es la alteración de la regulación sistémica de la composición de los líquidos corporales, que puede conducir a una sobrecarga de líquido, ya sea aguda o crónica. (6)

Mientras que un aumento excesivo de volumen puede llegar a convertirse en una verdadera urgencia médica que requiera manejo hospitalario o atención en una sala de urgencias, la expansión de volumen leve a moderada puede no ser detectada en aquellos pacientes con ESRD. (7)

La sobrecarga hídrica supone un factor de riesgo cardiovascular importante y modificable en los pacientes en hemodiálisis, tanto por sí misma, como por su efecto en la elevación de la tensión arterial,(8) a través del aumento del gasto cardíaco y de las resistencias vasculares periféricas.(9) Lo anterior puede comprometer factores relacionados con la precarga, que contribuyen a la hipertrofia del ventrículo izquierdo mediante el alargamiento de los cardiomiocitos y re modelamiento tanto asimétrico como excéntrico. La sobrecarga hídrica puede conducir también a la formación de derrame pleural e hipertensión arterial pulmonar. (10)

Se considera, además que la congestión pulmonar moderada a severa constituye un fuerte predictor de muerte y eventos cardiovasculares entre pacientes con ESRD, y provee información pronóstica, independiente de la clase funcional determinada de acuerdo con la clasificación de la New York Heart Association (NYHA). (7) Así mismo, la congestión pulmonar sintomática o asintomática se ha asociado con una pobre capacidad de desarrollar actividades físicas independientemente de dicha clase funcional. (11)

Estudios experimentales muestran que la nefrectomía bilateral por sí misma, puede desencadenar daño pulmonar vía mecanismos inflamatorios, sugiriendo que alteraciones pulmonares pueden amplificar el riesgo de edema pulmonar en pacientes con ESRD. (7)

Por si fuera poco, se ha encontrado una correlación entre la sobrecarga hídrica y anemia en pacientes con ESRD.(8)-(12) Estudios como el realizado por Castellano S et al (8) y Deng Y et al(13) han identificado que la eliminación de exceso de volumen, permite mejorar el control de anemia en estos pacientes, con una disminución de las concentraciones séricas de Proteína C Reactiva, aumento de la albúmina sérica, incremento de la ferritina sérica y saturación de transferrina, además de un menor requerimiento de agentes estimulantes de la eritropoyesis.(13)

Con base en lo ya descrito, el objetivo de la hemodiálisis es llevar a cada paciente a aquel peso en el que todo, o al menos casi todo el exceso de líquido corporal ha sido removido y debajo del cual una mayor remoción de volumen produciría hipotensión o calambres musculares, (14) es decir, el menor peso tolerado después de la diálisis, en el cual los síntomas y signos de hipovolemia o hipervolemia son mínimos o no existen; también conocido como peso seco. (15)(16)

Habitualmente el peso seco en un paciente en hemodiálisis se calcula por medio del juicio clínico con un método de ensayo y error. (16)

Entre los principales hallazgos clínicos descritos que pueden utilizarse para determinar sobrecarga de volumen y llegar al peso seco, podemos encontrar la elevación de la pulsación venosa yugular con una sensibilidad del 70% y especificidad del 79%, reflujo venoso yugular con sensibilidad de 50% y especificidad del 75%, edema bilateral con sensibilidad del 94% y especificidad

del 10%, disnea con sensibilidad del 50% y especificidad 73% y estertores del 13 y 90% respectivamente. (17)

La tolerancia a la ultrafiltración durante la diálisis, la hipertensión arterial, la hipotensión ortostática, edema y la presencia de disnea o astenia, (8) el requerimiento progresivamente mayor de tratamiento antihipertensivo son criterios clínicos útiles para el ajuste de peso seco. (10)

El estudio Dry-Weight Reduction in Hypertensive Hemodialysis Patients (DRIP), analiza un protocolo basado en la reducción de peso seco de 0.2 kilogramos en cada sesión de hemodiálisis hasta alcanzar las manifestaciones de hipovolemia, resultando en un cambio en la tensión arterial sistólica a las 4 semanas de -6.9 mm Hg (95% CI: -12.4 a -1.3 mm Hg; P=0.016) y -3.1 mm Hg de presión diastólica (95% CI: -6.2 a -0.02 mm Hg; P=0.048), sin dejar exentos a los pacientes del riesgo de hipotensión asociada a diálisis.(18)(19)

Esta evaluación clínica del peso seco resulta muy subjetiva y frecuentemente puede ser imprecisa;(20) tanto su sobreestimación como la infraestimación, pueden generar complicaciones en el paciente con ESRD, que se asocian con tasas de morbilidad y mortalidad significativas, (14) principalmente en pacientes con mayor susceptibilidad como aquellos mayores de 65 años, diabéticos o con compromiso cardiovascular previo. (21)

El agua extravascular pulmonar es relativamente pequeña, pero resulta un componente fundamental del volumen de líquido corporal. El agua contenida en el intersticio pulmonar, está asociada con la presión de llenado del ventrículo izquierdo estimada por la presión de enclavamiento capilar pulmonar, dependiente de la función diastólica del ventrículo izquierdo y la precarga, que a su vez va en función del volumen de sangre circulante y el tono venoso.(7) Si bien la relación presión-volumen puede variar entre individuos y condiciones clínicas, la medición directa de dicha presión resulta el Gold estándar para el diagnóstico de sobrecarga de volumen,(17) y para guiar la

terapia hídrica en pacientes con falla cardíaca severa; en la práctica clínica habitual resulta complicado llevar a cabo dicha medición al requerirse un cateterismo cardíaco.(7)

En la actualidad existen estudios que demuestran el pobre poder discriminatorio de los estertores pulmonares ya sea aislados o en conjunto con el edema periférico, que no reflejan de forma adecuada el edema intersticial pulmonar en pacientes con ESRD.(20) Hasta en el 42% de pacientes con falla cardíaca crónica y sobrecarga de volumen puede haber ausencia de signos de congestión (estertores, edema, elevación de la pulsación venosa yugular) a pesar de una presión de enclavamiento pulmonar  $>22$  mm Hg, (17)(22) con importante variabilidad intra e inter observadores y características físicas como obesidad, rigidez vascular, disfunción cardíaca previa, hipoalbuminemia, entre otras comorbilidades que limitan aún más su detección.(18)

Un estudio transversal de 146 pacientes en hemodiálisis asintomáticos realizado por Agarwal y colaboradores, mostró una pobre correlación entre el edema pedal, niveles de péptido natriurético, diámetro de vena cava, monitoreo de volumen sanguíneo y marcadores de inflamación, y una correlación positiva con factores de riesgo cardiovascular como mayor edad, sobrepeso u obesidad, e hipertrofia del ventrículo izquierdo, reconociendo por tanto que el edema puede presentarse solo en caso de sobrehidratación significativa.(23)

En los últimos 20 años, han surgido métodos no invasivos que permiten estimar el volumen de agua corporal total, como la monitorización continua de hematocrito (Crit Line), el diámetro de la vena cava, mediciones del volumen de aurícula izquierda,(24) diámetro indexado de la vena cava inferior y espectroscopia por bioimpedancia.(25) Algunas de esas herramientas pueden predecir mortalidad, pero su verdadera utilidad en la práctica clínica para el manejo de pacientes con ESRD aún no está bien definida; por otro lado,

el costo o su accesibilidad en el ambiente ambulatorio, al cual se limitan los pacientes en hemodiálisis, resulta escasa.(24)

Entre dichos métodos, el Monitor de Composición Corporal emplea las propiedades eléctricas de los tejidos biológicos (bioimpedancia espectroscópica) para dar a conocer la composición corporal de los sujetos a través de parámetros como el índice de tejido magro, el índice de tejido graso o el peso normohidratado del paciente y la distribución de fluidos en el cuerpo;(10) la impedancia bioeléctrica torácica, si bien puede realizarse en cama, y tiene una alta reproducibilidad, utiliza ecuaciones predictivas que pueden condicionar error.(26)

El monitor Crit-Line, que posee la capacidad de determinar el aumento del hematocrito conforme el paciente se somete a ultrafiltración, fue utilizado en el estudio titulado “Beneficio del Monitoreo Intradialítico del Crit-Line” (Crit-Line Intradialytic Monitoring Benefit, CLIMB), bajo la hipótesis que un aumento significativo del hematocrito con una menor capacidad de compensación plasmática podría asociarse a disminución de sobrecarga de volumen y mayor riesgo de desarrollo de hipotensión intradiálisis; sin embargo falló en la reducción de hospitalizaciones asociadas a la ultrafiltración, aumentando incluso la morbilidad y mortalidad.(27)(28)

Recientemente el ultrasonido ha generado una atracción creciente para el estudio de pacientes con ESRD enfocado en la medición del agua pulmonar extravascular. (29)

Kaptein y colaboradores realizaron un estudio retrospectivo de cohortes de 113 pacientes en una unidad de terapia intensiva a los que se les determinó el Índice de colapso de la vena cava inferior guiado por ultrasonido, encontrando que la proporción de pacientes que alcanzan un volumen neto de ultrafiltrado correlaciona fuertemente con dicho índice ( $R^2=0.87-0.64$ );(30) esta información podría no ser extrapolable a los pacientes en hemodiálisis

ambulatorios puesto que deriva de pacientes generalmente sedados o con bloqueo neuromuscular, pero resulta un campo interesante para la evaluación de volumen y sobrecarga hídrica.

En un estudio realizado por el grupo de Annamalai I et al para evaluar sobrecarga hídrica, se utilizó el ultrasonido torácico para determinar la presencia de líneas B y diámetro de la vena cava inferior, y tomografía computada de alta resolución buscando engrosamiento septal interlobular y opacidades en vidrio despulido, se encontró correlación entre las líneas B y los signos de congestión pulmonar por Tomografía antes de diálisis ( $p < 0.001$ ). (14) La idea de adoptar el ultrasonido como una herramienta para medir el agua corporal, es que la acumulación de esta en el intersticio pulmonar engrosa los tabiques interlobulares, produciendo una reverberación del haz de ultrasonido y genera haces visibles con una base estrecha que van desde la sonda hasta el borde de la pantalla y su recuento simple proporciona una estimación del agua pulmonar. (24)

Al proyectar el transductor sobre el tórax normal, podemos encontrar la línea pleural localizada en la superficie entre dos costillas dando el signo de murciélago por su parecido, e indica la pleural parietal (y usualmente pleura visceral). El deslizamiento pulmonar es brillante en la línea pleural, produciendo el signo de la orilla del mar, por su similitud al movimiento de las olas; las líneas A son repeticiones horizontales de artefactos de la línea pleural que se muestra a intervalos regulares. (31)

Las líneas B se caracterizan por surgir desde la pleura, aparecen como un rayo y se extienden al borde de la pantalla, (32) poseen 7 criterios (los 3 primeros constantes y los últimos 4 bastante constantes): tienen forma de cola de cometa, surgen de la línea pleural, se mueven con el deslizamiento pulmonar, son bien definidas, largas, hiperecoicas y borran las líneas A. (31)

El ultrasonido de tórax se realiza con el paciente en decúbito supino, puede ser llevado a cabo con un transductor lineal, convexo o cardíaco, con la exploración 4 a 28 regiones en cada hemitórax. (29)

La presencia de más de 3 líneas B en más de 2 espacios intercostales, de forma bilateral, son considerados diagnósticos de edema intersticial y alveolar, por consiguiente de sobrecarga hídrica.(5) Estas líneas B se detectan fácilmente con sondas estándar de ultrasonido, aplicadas actualmente para el estudio de las vísceras abdominales o para ecocardiografía estándar; realizar ultrasonido torácico es una actividad muy fácil de aprender y se puede realizar con prácticamente todas las máquinas de ultrasonido, incluidos los dispositivos portátiles de Ultrasonido.(7)

Gracias a su disponibilidad, a que es un método libre de radiación y una reproducibilidad aceptable intra e interoperador, se puede considerar como una herramienta muy interesante para la evaluación de sobrecarga de volumen en pacientes con ESRD.(29) En un estudio realizado por Mallamaci F y colaboradores, con 75 pacientes con ESRD en hemodiálisis, se demostró una adecuada concordancia intra e inter observador en relación a la evaluación de estado de volumen por medio de ultrasonido torácico, encontrando que un 63% de pacientes presentaban sobrecarga hídrica, y que de esos el 57% se encontraban asintomáticos pese a una congestión pulmonar moderada a severa.(33)

Se han realizado algunos estudios pequeños utilizando el ultrasonido y las líneas B; actualmente el estudio LUST (Lung Water by Ultra-Sound Guided Treatment to Prevent Death and Cardiovascular Complications in High Risk ESRD Patients with Cardiomyopathy) se encuentra en proceso y es uno de los estudios que pretende evaluar el ultrafiltrado guiado por ultrasonido.(34) Por otro lado, el estudio realizado por Claudia Torino y colaboradores como parte de un subestudio del protocolo LUST, halló un 64% de congestión pulmonar moderada a severa tras realizar ultrasonido torácico y determinación de líneas

B, encontrando un poder discriminatorio muy bajo de la auscultación para diagnóstico de congestión pulmonar leve (área bajo la curva 0.61), moderada (área bajo la curva 0.65) y severa (área bajo la curva 0.68); lo mismo para el edema periférico. (20)

Por su parte, Loutradis y colaboradores realizaron un ensayo examinando el efecto de la reducción de peso seco con una estrategia guiada por ultrasonido con ayuda de líneas B en 71 pacientes clínicamente euvolémicos con hipertensión, teniendo como resultado disminución de sobrecarga de volumen y una reducción del porcentaje de pacientes que experimentaron uno o más episodios de hipotensión intradiálisis (34.3% vs 55.6%). (35)

El ultrasonido en el punto de atención (POCUS) se refiere a la utilización de la ecografía por personal calificado para realizar una evaluación con fines diagnósticos, en donde el paciente este siendo tratado, sea en un hospital, una ambulancia o en una localidad lejana. POCUS está evolucionando rápidamente como un valioso complemento para el examen clínico de cabecera en nefrología (36) La evaluación objetiva de la volemia es un desafío al que frecuentemente se enfrentan los nefrólogos, existe evidencia acumulada que apoya el papel de POCUS en este enfoque. (37)

Sin embargo, no existe ecografía precisa para determinar con exactitud el estado de volumen. La evaluación ecografía de la vena cava inferior (VCI) es popular entre los usuarios novatos de POCUS, su uso aislado para determinar y monitorear el estado de los fluidos está sujeto a numerosas limitaciones (38). De una forma similar la ecografía pulmonar da una idea de las presiones de llenado, pero no cuantifica la congestión venosa, que puede tener consecuencias deletéreas en múltiples órganos que incluyen el riñón. (39)

Existen nuevos sistemas de puntuación como la clasificación de Exceso venoso por Ultrasonido (VEXUS, por sus siglas en ingles) que permiten evaluar el

estado de volumen mediante la forma de la onda Doppler hepática y de la vena porta además de las mediciones de la vena cava inferior. (40)

Se requiere el desarrollo y validación de nuevas técnicas para evaluar el estado de volumen de un paciente, determinar sobrecarga hídrica, establecer el peso seco y guiar el ultrafiltrado, que se caractericen por ser accesibles, fáciles de reproducir, con el menor grado de variabilidad y sobre todo que puedan emplearse en el ámbito ambulatorio. El ultrasonido resulta una herramienta atractiva para el clínico a cargo de una unidad de hemodiálisis.

## JUSTIFICACIÓN

El manejo de remoción de líquido en pacientes en tratamiento con hemodiálisis permanece como un reto para el nefrólogo, con importantes implicaciones de morbi mortalidad, al guiarse básicamente a través del monitoreo del estado clínico del paciente y de su tensión arterial sistémica.

Hasta la fecha la tensión arterial, que depende del gasto cardíaco y las resistencias vasculares periféricas, continua como el principal parámetro hemodinámico para evaluar la volemia del paciente durante la sesión de hemodiálisis; sin embargo, no permite determinar si existe aún sobrecarga hídrica ante la ausencia de signos sugestivos, ni permite determinar cuál será la capacidad compensatoria fisiológica del paciente, dejando al paciente en una balanza, con el riesgo de hipotensión asociada a diálisis por un lado y por otro, bajo el riesgo de un estado persistente de sobrecarga hídrica.

Han surgido dispositivos que intentan monitorizar al paciente de una manera más completa, con la finalidad de disminuir el riesgo de hipotensión intradiálisis y mejorar la calidad de vida del paciente. Puesto que el manejo que reciben los pacientes es en un ámbito ambulatorio, el monitoreo invasivo, resulta poco viable.

Entre las herramientas incorporadas podemos encontrar el ecocardiograma, la bioimpedancia, el ultrasonido de vena cava protocolo VEXUS, y algunos estudios inician con el uso de ultrasonido pulmonar como medida de monitoreo indirecto para evaluar la volemia del paciente.

En algunas otras especialidades y en pacientes en contexto crítico, el ultrasonido pulmonar y el protocolo VEXUS se ha utilizado como una medida de hipervolemia, a través de la medición de líneas B y la evaluación de la congestión venosa de la vena cava, vena hepática, porta y renal, entendiendo que a mayor número de líneas B, diámetro > de 2 centímetros de la vena cava,

forma de las ondas de la vena hepática, pulsatilidad de la porta y renal  
corresponderán a mayor probabilidad de sobrecarga hídrica

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo de la hemodiálisis, más allá de la simple remoción de urea como se ha manejado en un esquema tradicional, se enfoca en una perspectiva multi dimensional, con la intención de mejorar la calidad de vida del paciente con ESRD manteniendo una adecuada clase funcional, lo que implica un nivel ideal de hemoglobina para cada paciente, de calcio/fósforo, potasio y productos nitrogenados, moléculas de mediano tamaño, un estado óptimo de volumen, un estado de ánimo aceptable, sin un proceso inflamatorio subyacente, entre otros.

Entre ellas, mantener a un paciente en “peso seco” es una de las metas más importantes, puesto que la sobrecarga hídrica puede asociarse a incapacidad para desempeñar actividades físicas, el desarrollo de un estado inflamatorio persistente asociado a anemia refractaria a tratamiento, alteraciones estructurales y funcionales cardíacas y aumento del riesgo cardiovascular; todas estas condiciones aumentan morbi mortalidad e incidencia de hospitalizaciones en los pacientes con ESRD.

El “peso seco”, consiste en aquel peso al cual el paciente se encuentra sin hipertensión arterial sistémica o con solo uso de un antihipertensivo, sin disnea, edema, fatiga y además sin manifestaciones de bajo gasto (hipotensión arterial, mareos, caídas, astenia, adinamia).

Hasta la fecha el método más usado para el cálculo del peso seco es el método clínico, basado en un análisis por ensayo y error, de acuerdo con la experiencia del médico tratante, método no exento de hipotensión intra diálisis ante la imposibilidad de compensar de forma apropiada el líquido ultrafiltrado, ya sea por aumento inadecuado de resistencias vasculares periféricas, aumento de la frecuencia cardíaca, aumento del gasto cardíaco y/o relleno plasmático.

Los datos clínicos como ingurgitación yugular, edema de miembros pélvicos, estertores detectados en la auscultación torácica tienen pobre poder discriminatorio y diagnóstico de sobrecarga hídrica. La presencia de comorbilidades como cardiopatía crónica, desnutrición, obesidad e insuficiencia venosa crónica, limitan el valor diagnóstico de dichos signos. Cabe mencionar que hasta dos terceras partes de pacientes con sobrecarga hídrica pueden permanecer sin dichos datos tras la exploración física.

Así mismo, el método clínico no permite determinar cuál será la capacidad compensatoria fisiológica del paciente.

Por tanto, han surgido dispositivos que intentan monitorizar al paciente de una manera más completa, determinar su estado hídrico y su distribución de volumen, sin incurrir en hipotensión intradiálisis.

Se han desarrollado métodos invasivos extrapolados de pacientes críticos para evaluar gasto cardíaco y calcular resistencias vasculares periféricas, pero que resultan poco prácticos en el contexto ambulatorio en el que el paciente se maneja.

El manejo adecuado de los fluidos mientras se evalúa la sobrecarga de fluidos puede ser una de las partes más difíciles de la práctica de la medicina.

Entre las herramientas incorporadas a dicha tarea podemos encontrar el ecocardiograma, la bioimpedancia, el ultrasonido de vena cava, protocolo VEXUS, y algunos biomarcadores séricos.

La poca accesibilidad asociada a los costos y tiempos y el requerimiento de un entrenamiento adecuado, constituyen sus principales limitaciones. Es por ello, que aún se necesitan más herramientas accesibles para poder establecer un plan de ultrafiltrado, con un adecuado perfil de seguridad.

Recientemente el uso de ultrasonido ha surgido como una nueva medida de monitoreo indirecto para evaluar la volemia del paciente y detectar sobrecarga hídrica.

El ultrasonido de pulmonar y el protocolo VEXUS posee una curva de aprendizaje amplia, es decir, es fácil aprender a realizar dicho sondeo; por otro lado, es posible realizar con cualquier transductor y cualquier equipo, incluso portátil. El tiempo para llevar a cabo un ultrasonido torácico es corto, y cada vez es más frecuente que las unidades de hemodiálisis cuenten con un ultrasonido como herramienta para colocación de accesos vasculares de acuerdo con las recomendaciones internacionales.

Se ha utilizado el ultrasonido pulmonar y protocolo VEXUS en unidad de cuidados críticos con intenciones diagnósticas para evaluar sobrecarga hídrica, en busca derrame pleural y congestión venosa e incluso para el diagnóstico de neumonía, y con intenciones terapéuticas para toracocentesis.

La idea de adoptar el ultrasonido como una herramienta para medir el agua corporal, es que la acumulación de esta en el intersticio pulmonar engrosa los tabiques interlobulares, produciendo una reverberación del haz de ultrasonido, generando haces visibles con una base estrecha que van desde la sonda hasta el borde de la pantalla y su recuento simple proporciona una estimación del agua pulmonar. El acúmulo de líquido en el espacio intersticial pulmonar, aunque corresponde a una pequeña proporción del agua corporal total, se considera como un factor de riesgo importante para el desarrollo de edema pulmonar y deterioro de la clase funcional de un paciente.

Bajo dicha teoría, el ultrasonido pulmonar se ha utilizado para evaluar el estado de volemia a través de la medición de líneas B, entendiendo que a mayor número de líneas B, mayor probabilidad de sobrecarga hídrica.

El ultrasonido de exceso venoso (VEXUS) es un examen que evalúa y clasifica la gravedad de la congestión venosa, no solo de la vena cava inferior, sino también del hígado, el intestino y los riñones.

En contexto de hemodiálisis, poco se ha investigado, por lo que se requieren más estudios para poder validar al ultrasonido torácico y el protocolo VEXUS como herramienta para la detección de sobrecarga hídrica, por lo que se considera importante determinar el estado de volemia mediante la presencia de líneas B y el estadio del VEXUS en una población de hemodiálisis, lo que permitirá realizar un sondeo para estudios subsecuentes.

## PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el estado de volumen determinado mediante el protocolo VEXUS y ultrasonido pulmonar en los pacientes tratados en la unidad de Hemodiálisis del Hospital Central Sur de Alta?

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Determinar el estado de volumen, mediante la presencia de Líneas B pulmonares, derrame pleural y la escala VeXUS por medio de Ultrasonido, antes y después de la sesión de hemodiálisis al inicio de semana en pacientes tratados en la Unidad de Hemodiálisis del Hospital Central Sur de Alta Especialidad

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar hipervolemia mediante exploración clínica

Identificar datos de hipervolemia con el uso de ultrasonido pulmonar

Establecer el diagnóstico de hipervolemia utilizando el protocolo VeXUS

Calcular la sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo y valor predictivo positivo de la evaluación clínica, el ultrasonido pulmonar y el protocolo VeXUS

## TIPO DE ESTUDIO

Diseño

Estudio descriptivo, observacional, transversal, prospectivo

Definición del universo de estudio

## UNIVERSO

Pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis que sean derechohabientes del Hospital Central Sur de Alta Especialidad de PEMEX.

## UNIDADES DE OBSERVACIÓN

Pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis derechohabientes del Hospital. Central Sur de Alta Especialidad de PEMEX pertenecientes al programa de hemodiálisis crónica.

## TIPO DE MUESTREO

Muestreo intencional o de conveniencia.

## CRITERIOS DE INCLUSIÓN

1. Pacientes hombre y mujeres, con edad igual o mayor a 18 años
2. Pacientes con enfermedad renal crónica KDIGO G5 en hemodiálisis
3. Pacientes incluidos al programa de hemodiálisis crónica con al menos 3 meses de antigüedad
4. Pacientes que acepten firmar el consentimiento de realización de ultrasonido pulmonar y protocolo VEXUS
5. Pacientes que hayan asistido a todas sus sesiones de hemodiálisis programadas en la semana previa al estudio

## CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

1. Pacientes con menos de 3 meses en hemodiálisis
2. Pacientes en hemodiálisis por enfermedad renal aguda
3. Pacientes que no cuenten con una ventana ultrasonografía adecuada para llevar a cabo la evaluación
4. Pacientes que reciben apoyo con hemodiálisis en la Unidad del Hospital Central Sur de Alta Especialidad de PEMEX
5. Pacientes que no cuenten con registros en expediente físico o digital de la prescripción del tratamiento y prescripción de hemodiálisis
6. Pacientes que no se puedan pesar

### Criterios de eliminación

1. Pacientes con información incompleta en expediente físico o digital para definir si cuentan con enfermedad renal crónica.

DEFINICIÓN DE VARIABLES Y CUADRO DE OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Tipo de Variable y escala de medición	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Valor
Sexo	Cualitativa discreta nominal	Condición orgánica, masculina o femenina de los animales o plantas, RAE	Sexo referido por la persona a quien se le realizara la toma de datos o el referido en el expediente clínico físico o electrónico	Hombre Mujer	0 1
Edad	Cuantitativa continua de razón	Tiempo que ha vivido una persona o ciertos animales o vegetales RAE	Realizar la diferencia en años entre la fecha de nacimiento y la fecha de captura de datos	Número de años cumplidos al momento de la captura de datos	0-100
Índice de masa corporal	Cuantitativa continua de razón	Es un índice utilizado para clasificar el peso y la obesidad que resulta de la relación entre el peso y la estatura de una persona OMS	Peso en kilogramos dividido por el cuadro de la talla en kilogramos (kg/m <sup>2</sup> )	kg/m <sup>2</sup>	15-60
Meses en hemodiálisis	Cuantitativa continua de razón	Tiempo que una persona ha permanecido en hemodiálisis hasta el momento en que se realiza el estudio, utilizando como unidad meses. Seidowsky A, Vilaine È, Mansencal N, Ébel A, Villain C, Cheddani L, et al. Pulmonary	Realizar la diferencia en años entre la fecha de la primera sesión de hemodiálisis y la fecha de captura de datos.	Número de años cumplidos al momento de la captura de datos	0-100

		ultrasound and dialysis. <i>Nephrol Ther.</i> 2018;14:S73–81			
Tipo de acceso vascular	Cualitativa discreta nominal	Es el punto anatómico por donde se accederá al torrente sanguíneo del enfermo renal y por donde se extraerá y retornará la sangre una vez ha pasado por el circuito extracorpóreo de depuración extra renal. CENETEC. Manejo de Accesos Vasculares en hemodiálisis en adultos con insuficiencia renal crónica en segundo y tercer nivel de atención. México Secr Salud. 2013	Identificado por medio de registros y visualización directa del acceso vascular que utiliza el paciente al momento de la captura de datos, ya sea fístula, catéter o injerto.	Catéter Fístula Injerto	0 1 2
Diabetes mellitus	Cualitativa discreta nominal	Enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce, teniendo como efecto el aumento de glucosa y el daño secundario. Recomendaciones EY. GUÍA DE PRÁCTICA CLÍNICA GPC Tratamiento de la DIABETES MELLITUS TIPO 2 en el primer nivel de Atención [Internet]. [cited 2020 Mar 31]. Available from: <a href="http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/">http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/</a>	Antecedente de diagnóstico de Diabetes Mellitus registrado en expediente clínico físico o digital.	Si No	0 1

		catalogoMaestroGPC.html			
Hipertensión	Cualitativa discreta nominal	<p>Es una condición médica, caracterizada por un incremento permanente de los valores de presión arterial: sistólica mayor o igual a 140 milímetros de Mercurio o el nivel de presión arterial diastólica mayor o igual a 90 milímetros de Mercurio. CENETEC.</p> <p>Diagnóstico y tratamiento de la Hipertensión Arterial en el primer nivel de atención. IMSS, editor. México IMSS [Internet]. 2014 [cited 2020 Feb 27]; Available from: <a href="http://www.imss.gob.mx/profesionales/guiasclinicas/Pages/guias.aspx">http://www.imss.gob.mx/profesionales/guiasclinicas/Pages/guias.aspx</a></p>	<p>Antecedente de diagnóstico de Hipertensión arterial sistémica en expediente clínico físico o digital; o presencia de presión arterial sistólica mayor o igual a 140 milímetros de Mercurio o el nivel de presión arterial diastólica mayor o igual a 90 milímetros de Mercurio antes de la sesión de hemodiálisis estando el paciente en reposo al menos 5 minutos antes de la sesión, sin consumo de alguna bebida con contenido de cafeína o xantina; o uso de algún medicamento para disminución de la tensión arterial tal como nifedipino, amlodipino,</p>	Si No	0 1

			felodipino, losartán, valsartán, telmisartán, irbesartán, enalapril, captopril, ramipril, lisinopril, metoprolol, carvedilol, atenolol, prazosin, verapamilo, diltiazem.		
Ganancia Interdialítica	Cuantitativa continua de razón	Es la ganancia en kilogramos entre una sesión de diálisis y otra con relación al peso establecido del paciente como peso seco. Seidowsky A, Vilaine È, Mansencal N, Ébel A, Villain C, Cheddani L, et al. Pulmonary ultrasound and dialysis. Nephrol Ther. 2018;14: S73–81.	Realizar el promedio de la diferencia entre el peso al ingreso a la sesión de hemodiálisis y el peso seco establecido, de las 4 semanas previas al momento de captura de los datos.	Número de kilogramos promedio	0-15 kilogramos
Cardiopatía isquémica	Cualitativa discreta nominal	Es un síndrome caracterizado por una disminución del aporte de sangre oxigenada al miocardio que desde un punto de vista estructural, funcional o estructural y funcional afecte el libre flujo de sangre de una o más arterias coronarias epicárdicas o de la microcirculación coronaria. CENETEC. Guía de Referencia Rápida	Antecedente de Cardiopatía Isquémica registrado en expediente clínico físico o digital	Si No	0 1

		Diagnóstico y Tratamiento de Cardiopatía Isquémica Crónica.			
Clase funcion al NYHA	Cualitativa discreta ordinal	Es el grado de afectación a la capacidad física de una persona, inducida por una enfermedad cardíaca evaluado por la clasificación propuesta por la Asociación del Corazón de Nueva York. CENETEC. Diagnóstico y tratamiento de la Hipertensión Arterial en el primer nivel de atención. IMSS, editor. México IMSS [Internet]. 2014 [cited 2020 Feb 27]; Available from: <a href="http://www.imss.gob.mx/profesionales/guiasclinicas/Pages/guia_s.aspx">http://www.imss.gob.mx/profesionales/guiasclinicas/Pages/guia_s.aspx</a>	El mejor grado de afectación de la capacidad física indicado por el paciente al momento de la captura de datos, dentro de alguna de las siguientes categorías: Clase I, no limitación de la actividad física; la actividad ordinaria no ocasiona excesiva fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso. Clase II, ligera limitación de la actividad física, confortables en reposo, la actividad ordinaria ocasiona fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso. Clase III, marcada limitación de la actividad física, confortable en reposo;	Categoría de clase funcional	I =1 II =2 III =3 IV =4

			<p>actividad física menor que la ordinaria ocasiona fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso. Clase IV, Incapacidad para llevar a cabo cualquier actividad física sin discomfort; los síntomas de insuficiencia cardíaca o de síndrome anginoso pueden estar presentes incluso en reposo; si se realiza cualquier actividad física, el discomfort aumenta.</p>			
Hemoglobina	Cuantitativa continua de razón	Proteína de la sangre, de color rojo característico, que transporta el oxígeno desde los órganos respiratorios hasta los tejidos. <sup>RAE</sup>	Concentración de Hemoglobina reportada en el expediente clínico físico o electrónico al momento de la captura de datos.	Concentración en gramos/decilitro	1-15	
Tensión arterial sistólica antes de la sesión de	Cuantitativa discreta de razón	Presión más elevada ejercida por la onda de sangre expulsada por la sístole ventricular contra la pared arterial, dependiente del volumen que se	Presión Arterial Sistólica en milímetros de mercurio determinada con el paciente en	Milímetros de mercurio	0-280 milímetros de mercurio	

hemodiálisis		<p>eyecta, de la viscosidad de la sangre, de las resistencias que tiene que vencer la sangre al entrar en el sistema arterial, asociada a la rigidez y elasticidad de las paredes arteriales, de la superficie total y las resistencias del lecho arteriolar.</p> <p>Recomendaciones EY. GUÍA DE PRÁCTICA CLÍNICA GPC Tratamiento de la DIABETES MELLITUS TIPO 2 en el primer nivel de Atención [Internet]. [cited 2020 Mar 31]. Available from: <a href="http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/catalogoMaestroGPC.html">http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/catalogoMaestroGPC.html</a></p>	<p>reposo al menos 5 minutos antes de la sesión de hemodiálisis, sin consumo de alguna bebida con contenido de cafeína o xantina, al momento de la captura de datos.</p>		
Tensión arterial diastólica antes de la sesión de hemodiálisis	Cuantitativa discreta de razón	<p>Es la presión detectada al auscultar el último ruido producido por el choque de la sangre contra la pared arterial al desinflar de forma gradual el manguito de un esfigmomanómetro. CENETEC. Diagnóstico y tratamiento de la Hipertensión Arterial en el primer nivel de atención. IMSS, editor. México IMSS [Internet]. 2014 [cited 2020 Feb 27]; Available from:</p>	<p>Presión Arterial Diastólica en milímetros de mercurio determinada con el paciente en reposo al menos 5 minutos antes de la sesión de hemodiálisis, sin consumo de alguna bebida con contenido de cafeína o xantina, al momento de</p>	Milímetros de mercurio	0-150 milímetros de mercurio

		<a href="http://www.imss.gob.mx/profesionales/guiasclinicas/Pages/guia_s.aspx">http://www.imss.gob.mx/profesionales/guiasclinicas/Pages/guia_s.aspx</a>	la captura de datos.		
Edema	Cualitativa discreta ordinal	Hinchazón blanda de una parte del cuerpo, que cede a la presión y es ocasionada por la serosidad infiltrada en el tejido celular RAE	Presencia de signo de Godete o fovea a la exploración física en miembros pélvicos o zonas de declive	Si No	0 1
Estertores crepitantes	Cualitativa discreta nominal	Ruidos detectados por medio de auscultación pulmonar cortos, explosivos, no musicales que aparecen en la fase inicial de la inspiración y durante toda la expiración, en forma de estallidos o burbujeos, con una frecuencia típica de 350 Hertz y duración aproximada de 15 milisegundos. <small>Bohadana A, Izbicki G, Kraman SS. Fundamentals of lung auscultation. N Engl J Med. 2014;370(8):744-51</small>	Presencia de ruidos difusos a la auscultación pulmonar que no desaparecen tras toser.	Si No	0 1
Número de sesiones de hemodiálisis por semana	Cuantitativa discreta de razón	Número de tratamientos de hemodiálisis que recibe un paciente por semana. <small>Bohadana A, Izbicki G, Kraman SS. Fundamentals of lung auscultation. N Engl J Med. 2014;370(8):744-51.</small>	Número de tratamientos de hemodiálisis que recibe un paciente por semana registrados en su expediente físico o electrónico al momento de la captura de datos.	Número de tratamientos	1-3

Uresis residual	Cuantitativa discreta de razón	Orina excretada en 24 horas por un paciente pese a que se encuentra con enfermedad renal crónica en estadio terminal bajo tratamiento sustitutivo de la función con hemodiálisis. Chou JA, Streja E, Nguyen D V, Rhee CM, Obi Y, Inrig JK, et al. Intradialytic hypotension, blood pressure changes and mortality risk in incident hemodialysis patients. [cited 2020 Feb 27]; Available from: <a href="https://academic.oup.com/ndt/article-abstract/33/1/149/3746910">https://academic.oup.com/ndt/article-abstract/33/1/149/3746910</a>	Cantidad de orina excretada en 24 horas por un paciente con enfermedad renal crónica en estadio terminal que recibe tratamiento sustitutivo de la función con hemodiálisis.	Mililitros en 24 horas	0-6000 mililitros
Hipotensión asociada a diálisis	Cualitativa discreta nominal	Disminución de la tensión arterial sistólica mayor a 20 milímetros de mercurio o más de 10 milímetros de mercurio de la tensión arterial media, con daño a órgano por isquemia con requerimiento alguno de tratamiento Chou JA, Streja E, Nguyen D V, Rhee CM, Obi Y, Inrig JK, et al. Intradialytic hypotension, blood pressure changes and mortality risk in incident hemodialysis	Presencia de náuseas, mareos, fatiga, o tensión arterial menor a 90/60 milímetros de mercurio durante la sesión de diálisis que requiera de alguna intervención.	Si No	0 1

		patients. [cited 2020 Feb 27]; Available from: <a href="https://academic.oup.com/ndt/article-abstract/33/1/149/3746910">https://academic.oup.com/ndt/article-abstract/33/1/149/3746910</a>			
Número de antihipertensivos	Cuantitativa discreta de razón	Es el número de fármacos registrados por la COFEPRIS dentro de la categoría de antihipertensivos, que utiliza el paciente en un momento dado.	Se obtendrá por la revisión del expediente físico o digital, o de la hoja de prescripción farmacológica del paciente puede ser alguno de los siguientes nifedipino, amlodipino, felodipino, losartán, valsartán, telmisartán, irbesartán, enalapril, captopril, ramipril, lisinopril, metoprolol, carvedilol, atenolol, prazosin, verapamilo, diltiazem.	Número de antihipertensivos	0-10
Número de líneas B	Cuantitativa discreta de razón	Número de líneas B encontradas tras realizar ultrasonido pulmonar antes de la sesión de hemodiálisis al inicio de la semana. Seidowsky A, Vilaine È, Mansencal N, Ébel A, Villain C, Cheddani L, et al. Pulmonary ultrasound and	Número de líneas B totales por conteo simple en la primera sesión de la semana determinado por ultrasonido pulmonar.	Número de líneas B	0-100

		dialysis. Nephrol Ther. 2018;14: S73–81.			
Clasificación VEXUS	Cualitativa discreta ordinal	Protocolo de ultrasonido de 4 pasos para valorar la congestión venosa, valorando vena cava inferior, venas suprahepáticas, vena porta y venas renales. Rola P, Miralles F, Argaiz E, Beaubien W, Haycock K, Karimov et al. Clinical applications of the venous excess ultrasound (VExUS) score: conceptual review and case series. Ultrasound J. 2021; 13:32.	PUNTAJE VEXUS DEL PACIENTE	VEXUS 0 VEXUS 1 VEXUS 2 VEXUS 3	0 1 2 3

MATERIAL Y MÉTODOS

RECURSOS Y LOGÍSTICA

CONCEPTO	NÚMERO	COSTO UNITARIO (paciente, caso, muestra, encuesta, etc.)	SUBTOTAL
<b>Recursos Materiales</b>			
<i>Cuestionarios (Hojas, impresión)</i>	16	1.50 MXN	24.00 MXN
<i>Equipo de ultrasonido</i>	1	100 000 MXN	100,000.00MXN
<i>SESION DE HEMODIALISIS</i>	16	2 000 MXN	32 000 MXN
<i>COMPUTADORA PERSONAL</i>	1	Sin costo	Sin costo
<i>ESFIGMOMANÓMETRO</i>	1	Sin costo	Sin costo
<i>BASCULA DIGITAL</i>	1	3 500 MXN	3 500 MXN

<b>Recursos Humanos</b>			
Médico residente de Nefrología	1	Salario establecido por la empresa	8,444 MXN
		<b>TOTAL</b>	<u>143 968 MXN</u>

## CONSIDERACIONES ÉTICAS

En apego a las normas éticas de la declaración de Helsinki y al artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la participación de los pacientes en este estudio conlleva un tipo de riesgo: mínimo

De acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012:

- a) Punto 6 (de la presentación y autorización de los proyectos o protocolos de investigación). Se cumple con el formato de solicitud de autorización, y el presente proyecto cumple con los elementos mínimos de un protocolo de investigación. Se señalan los nombres de los investigadores involucrados
- b) Punto 6.2.11 Se especifican: nombres y firmas del investigador principal e investigadores asociados. Investigador principal Mario Alberto Sebastián Díaz; investigador asociados Dr. José Alfonso Martínez Castro
- c) Punto 6.3.2.1 Descripción del nivel de riesgo del estudio, de conformidad con el artículo 17 del Reglamento: riesgo mínimo, en el cual se realizará un procedimiento no invasivo, mediante exploración ultrasonográfica de pulmón, vena cava, vena hepática, vena porta y Doppler renal, el cual se considera un procedimiento común con fin diagnóstico y bajas probabilidades de afección al sujeto en estudio

De acuerdo con el Reglamento De La Ley General De Salud En Materia De Investigación Para La Salud:

- a) ARTICULO 16.-Se protegerá en todo momento la privacidad de los participantes. Para el manejo de datos personales, no se usarán los nombres de los pacientes, se registrarán en de acuerdo a las iniciales de los pacientes comenzando por nombre, no se usara la ficha o registro

institucional del sistema PEMEX, se realizará una base de datos con la información de los pacientes que quedará codificada a través de un número consecutivo, la hoja de captura de datos estará en resguardo en la Jefatura de nefrología bajo llave y la información capturada en base de datos en la computadora del investigador principal misma que solo él tiene acceso bajo contraseña y se encuentra en la Jefatura de Nefrología la cual está bajo llave. Tendrán acceso a la información en papel y electrónica el investigador principal (Dr. Mario Alberto Sebastián Díaz) y el residente encargado (Dr. José Alfonso Martínez Castro); se mantendrán los datos hasta 1 mes después de haber presentado la tesis al comité investigación y posteriormente será borrada.

- b) ARTICULO 17: Investigación con riesgo mínimo al ser un estudio prospectivo por lo que se requiere el consentimiento informado

De acuerdo artículo 17 del reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para salud se considera una investigación con riesgo mínimo, en el cual se realizará un procedimiento no invasivo, mediante exploración ultrasonográfica de pulmón, vena cava, vena hepática, vena porta y Doppler renal, el cual se considera un procedimiento común con fin diagnóstico y bajas probabilidades de afección al sujeto en estudio.

#### Protección de datos personales

Para el manejo de datos personales, no se usarán los nombres de los pacientes, se registrarán en de acuerdo con las iniciales de los pacientes comenzando por nombre, seguido de la ficha o registro institucional del sistema PEMEX, se realizará una base de datos con la información de los pacientes que quedará cifrada y resguardada en la computadora del investigador principal misma que solo él tiene acceso bajo contraseña. Tendrán acceso a la base de datos el investigador principal (Dr. Mario Alberto Sebastián Díaz) y el residente encargado (Dr. José Alfonso Martínez Castro); se mantendrán los datos hasta 1 mes después de haber presentado la tesis al comité investigación y posteriormente será borrada.

En base al artículo 23 del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, este estudio podría ser autorizado sin un consentimiento informado formulado por escrito al considerarse de riesgo mínimo, sin embargo, al ser prospectivo y puesto que se realizará Ultrasonido, se considera que requiere de dicho documento.

## RESULTADOS

Se incluyeron un total de 16 pacientes de la unidad de hemodiálisis del Hospital Central Sur de Alta Especialidad de PEMEX a quienes se les otorgo terapia de reemplazo mediante modalidad intermitente en el periodo comprendido entre el 01 de marzo del 2023 al 30 de abril 2023, con los criterios de inclusión anteriormente descritos. Con un promedio de edad de 67.1 años con una desviación estándar de 12.5, no hubo diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Se incluyeron 10 hombres con una proporción de 62.5% y 6 mujeres con una proporción de 37.5%. El promedio de índice de masa corporal fue de 23.2 con una desviación estándar de 3 sin diferencia estadística entre grupos de mayor de menor ultrafiltración. El área de superficie corporal promedio fue de 1.67 metros cuadrados con una desviación estándar de 0.1 sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. El peso seco promedio fue de 61.4 kilogramos con una desviación estándar de 12, sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La mediana de meses en hemodiálisis fue de 30 meses con un rango Inter cuartil de 45 sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La mediana de sesiones de hemodiálisis por semana fue de 2.5 con un rango Inter cuartil de 1 sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La mediana de uresis residual fue de 500 mililitros con un rango Inter cuartil de 1000 mililitros sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La mediana de antihipertensivos usados fue de 1 con un rango Inter cuartil de 1 sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Tabla 1.

Tabla 1

*Datos demográficos de la población*

---

	Toda la población (n=16)	Ultrafiltración mayor de 10 ml/kg/h	Ultrafiltración menor de 10 ml/kg/h	p
Sexo, hombre n (%) <sup>a</sup>	10 (62.5)	4 (25)	6 (37.5)	0.31 <sup>2</sup>
Sexo, mujer n (%) <sup>a</sup>	6 (37.5)	4 (25)	2 (12.5)	0.31 <sup>2</sup>
Edad (años) <sup>b</sup>	67.1±12.5	63.0±14.8	71.3±8.7	0.192 <sup>3</sup>
Índice de masa corporal <sup>b</sup>	23.2±3.0	24.2±2.8	22.2±3.1	0.222 <sup>3</sup>
Área de superficie corporal <sup>b</sup>	1.67±0.1	1.70±0.16	1.64±0.22	0.57 <sup>3</sup>
Peso seco <sup>b</sup>	61.4±12.0	63.0±11.8	59.7±12.7	0.59 <sup>3</sup>
Meses en hemodiálisis <sup>c</sup>	30±45	18.0±35	42.0±57.0	0.61 <sup>4</sup>
Número de sesiones de hemodiálisis por semana <sup>c</sup>	2.5±1.0	2.5±1	2.5±1	1.00 <sup>4</sup>
Uresis residual <sup>c</sup>	500±1000	400.0±950	600.0±1000.0	0.50 <sup>4</sup>
Numero de antihipertensivos <sup>c</sup>	1±1	1±1	0±1	1.00 <sup>4</sup>

**Nota.** Fuente: Población dividida de acuerdo con la tasa de ultrafiltración mayor a 10 mililitros/kilogramo/hora. a Se expresa en número y porcentaje dentro de la columna, b Se expresa en promedio y desviación estándar, c Se expresa en mediana y rango Inter cuartil. 1 Prueba de Chi cuadrada, 2 Prueba exacta de Fisher Prueba T de Student<sup>3</sup>. Prueba U de Mann Withney<sup>4</sup>

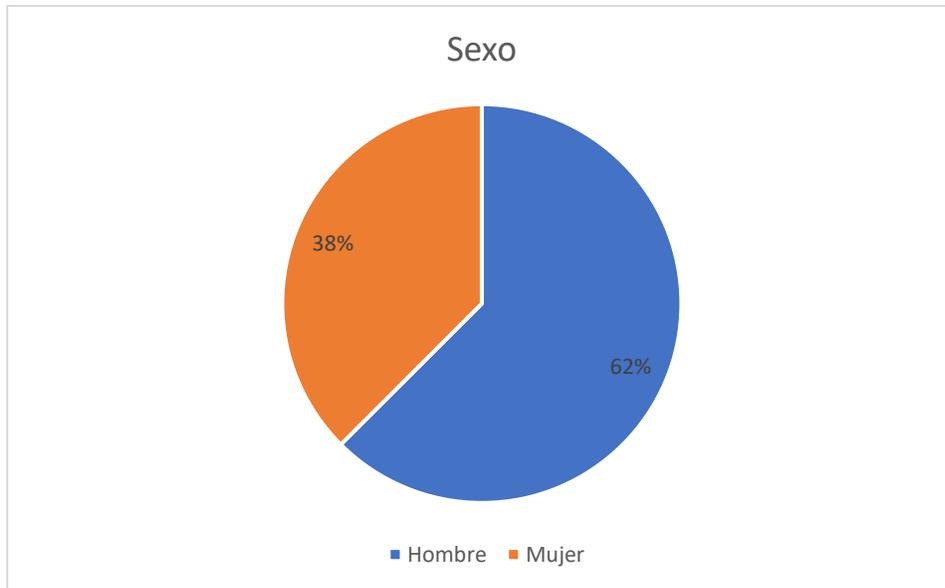


Gráfico 1. Distribución de hombres y mujeres a los cuales se realizó determinación del estado de volumen.

Con respecto a la etiología de la enfermedad renal crónica, predominó la diabetes mellitus presente en 12 pacientes con una proporción de 75 por ciento sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración, seguida de hipertensión arterial en 1 paciente con una proporción del 6.3 por ciento sin diferencia entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración, nefropatía membranosa en 2 pacientes con una proporción del 12.5 por ciento sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración, solo en 1 paciente se desconocía la etiología representando un 6.3 por ciento sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Tabla 2.

Tabla 2

*Etiología de la enfermedad renal crónica*

	Toda la población (n=16)	Ultrafiltración mayor de 10 ml/kg/h	Ultrafiltración menor de 10 ml/kg/h	p
Diabetes Mellitus <sup>a</sup>	12 (75)	6 (50)	6 (50)	0.26 <sup>1</sup>
Hipertensión arterial sistémica <sup>a</sup>	1 (6.3)	0 (0)	1 (100)	0.26 <sup>1</sup>
Nefropatía membranosa <sup>a</sup>	2 (12.5)	2 (100)	0 (0)	0.26 <sup>1</sup>
Causa no conocida <sup>a</sup>	1 (6.3)	0 (0)	1 (100)	0.26 <sup>1</sup>

**Nota.** Fuente: Población dividida de acuerdo con la tasa de ultrafiltración mayor a 10 mililitros/kilogramo/hora. a Se expresa en número y porcentaje dentro de la columna, b Se expresa en promedio y desviación estándar, c Se expresa en mediana y rango Inter cuartil. 1 Prueba de Chi cuadrada, 2 Prueba exacta de Fisher Prueba T de Student<sup>3</sup>. Prueba U de Mann Withney<sup>4</sup>

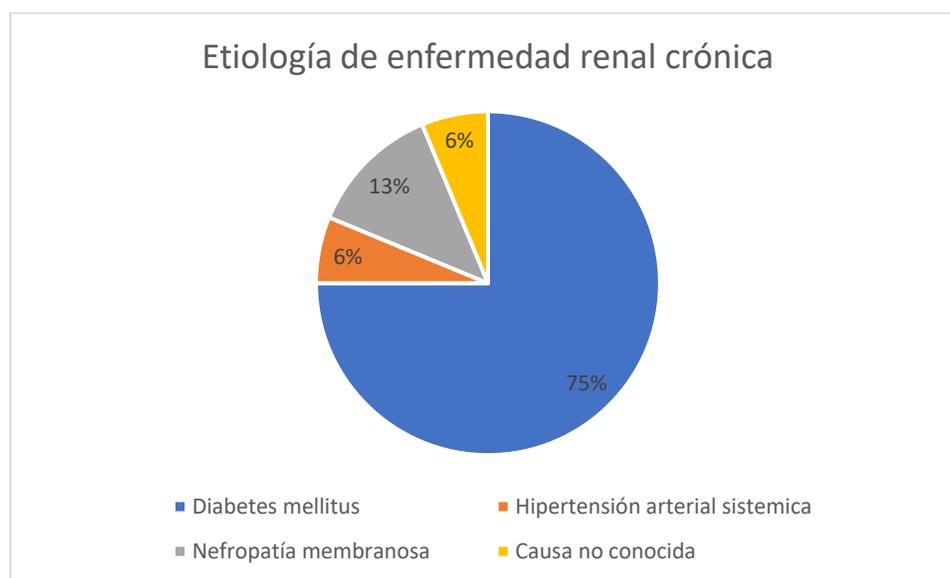


Gráfico 2. Etiología de la enfermedad renal crónica de los pacientes a los cuales se realizó determinación del estado de volumen.

De acuerdo con el antecedente de cardiopatía isquémica se presentó en 5 pacientes con una proporción de 31.3 por ciento sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La mediana de fracción de eyección del ventrículo izquierdo fue de 65 por ciento con un rango Inter cuartil de 9 por ciento sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Los pacientes se clasificaron de acuerdo con la clase funcional de acuerdo a NYHA, 5 pacientes fueron NYHA I con una proporción de 31.3 sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración, 10 pacientes fueron NYHA II con una proporción del 62.5 por ciento sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración, 1 pacientes se categorizo como NYHA III con una proporción de 6.3 por ciento sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Tabla 3.

Tabla 3

*Antecedente de cardiopatía isquemia, fracción de eyección ventricular izquierda y clase funcional NYHA*

	Toda la población (n=16)	Ultrafiltración mayor de 10 ml/kg/h	Ultrafiltración menor de 10 ml/kg/h	p
Antecedente de cardiopatía isquémica <sup>a</sup>	5 (31.3)	3 (60)	2 (40)	1.0 <sup>2</sup>
FEVI <sup>c</sup>	65±9	64±10	65±8	1.0 <sup>4</sup>
Clase funcional NYHA I <sup>a</sup>	5 (31.3)	3 (60)	2 (40)	0.59 <sup>1</sup>

Clase funcional NYHA II <sup>a</sup>	10 (62.5)	5 (50)	5 (50)
Clase funcional NYHA III <sup>a</sup>	1 (6.3)	0 (0)	1 (100)

**Nota.** Fuente: Población dividida de acuerdo con la tasa de ultrafiltración mayor a 10 mililitros/kilogramo/hora. a Se expresa en número y porcentaje dentro de la columna, b Se expresa en promedio y desviación estándar, c Se expresa en mediana y rango Inter cuartil. 1 Prueba de Chi cuadrada, 2 Prueba exacta de Fisher Prueba T de Student <sup>3</sup>. Prueba U de Mann Withney <sup>4</sup>. FEVI: Fracción de eyección ventricular

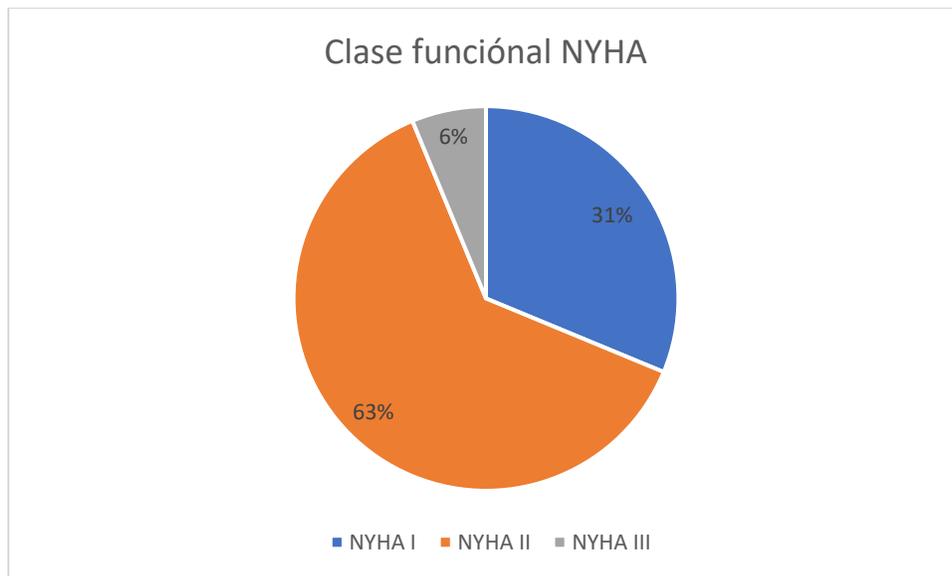


Gráfico 3. Clase funcional NYHA de los pacientes a los cuales se realizó determinación del estado de volumen.

La cantidad de ultrafiltración promedio fue de 1726.2 mililitros con una desviación estándar de 1280 mililitros con diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. El peso seco promedio fue de 61.4 kilogramos con una desviación estándar de 12 kilogramos sin diferencia estadísticamente significativa. El acceso vascular que predominó fue la fistula arteriovenosa con 10 pacientes que representan una proporción de 62.5 por ciento sin diferencias estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración, 6 pacientes con catéter de hemodiálisis

con una proporción del 37.5 por ciento, sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menos ultrafiltración. La tensión arterial media al inicio de la sesión de hemodiálisis tuvo un promedio de 85.4 milímetros de mercurio con una desviación estándar de 13.7, sin diferencia estadística en el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La tensión arterial media intermedia durante la sesión de hemodiálisis tuvo un promedio de 57.5 milímetros de mercurio con una desviación estándar de 9.1, sin diferencia estadística en el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La tensión arterial media al final de la sesión de hemodiálisis tuvo un promedio de 66.8 milímetros de mercurio con una desviación estándar de 10.7, sin diferencia estadística en el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Se presentaron 3 casos de hipotensión con una proporción del 18.8 por ciento, sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Tabla 4.

Tabla 4

*Características del paciente en hemodiálisis*

	Toda la población (n=16)	Ultrafiltración mayor de 10 ml/kg/h	Ultrafiltración menor de 10 ml/kg/h	p
Ultrafiltración (mililitros) <sup>b</sup>	1726.2±1280.8	2787±674.9	665.0±696.9	0.00 <sup>3</sup>
Peso seco <sup>b</sup>	61.4±12.0	63.0±11.8	59.7±12.7	0.59 <sup>3</sup>
Fistula arteriovenosa <sup>a</sup>	10 (62.5)	5(50)	5(50)	1.00 <sup>2</sup>
Catéter de hemodiálisis <sup>a</sup>	6 (37.5)	3(50)	3(50)	1.00 <sup>2</sup>
TAM inicial <sup>b</sup>	85.4 ±13.7	86.7±11.0	84.1±16,7	0.71 <sup>3</sup>
TAM intermedia <sup>b</sup>	57.5±9.1	58.2±7.4	56.7±11.1	0.72 <sup>3</sup>
TAM final <sup>b</sup>	66.8±10.7	67.8±8.6	65.8±12.9	0.72 <sup>3</sup>

HID <sup>c</sup>	3 (18.8)	0 (0)	3 (100)	0.20 <sup>2</sup>
------------------	----------	-------	---------	-------------------

**Nota.** Fuente: Población dividida de acuerdo con la tasa de ultrafiltración mayor a 10 mililitros/kilogramo/hora. a Se expresa en número y porcentaje dentro de la columna, b Se expresa en promedio y desviación estándar, c Se expresa en mediana y rango Inter cuartil. 1 Prueba de Chi cuadrada, 2 Prueba exacta de Fisher Prueba T de Student<sup>3</sup>. Prueba U de Mann Withney<sup>4</sup>. TAM: tensión arterial media durante sesión de hemodiálisis (inicio, intermedio, final). HID: hipotensión intradialisis

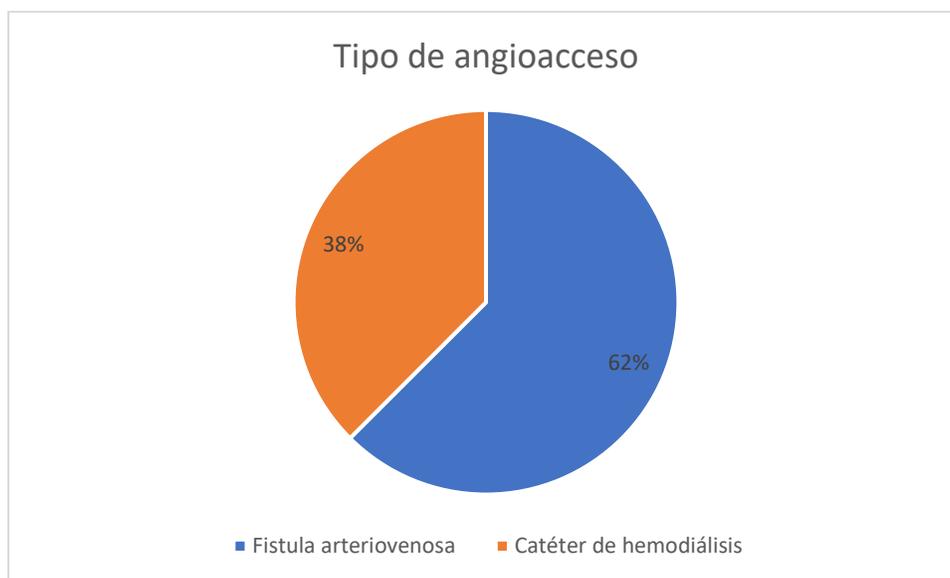


Grafico 4. Tipo de angioacceso en los pacientes a los cuales se realizó determinación del estado de volumen.

El promedio de leucocitos fue de 8100 mil con una desviación estándar de 2100 sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Los niveles de hemoglobina promedio fueron 10.3 gramos por decilitros con una desviación estándar de 1.6 gramos decilitro sin diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. El promedio de plaquetas fue de 227 500 con una desviación estándar de 103 200 con diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. El promedio de nitrógeno ureico fue de

83.6 miligramos por decilitro con una desviación estándar de 32.8 miligramos por decilitro sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La urea promedio fue de 178.7 miligramos por decilitro con una desviación estándar de 70.2 miligramos por decilitro sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Los niveles de creatinina promedio fueron de 8.9 miligramos por decilitro con una desviación estándar de 3.7 miligramos por decilitro sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Los niveles de sodio promedio fueron 137.1 miliequivalentes por litro con una desviación estándar de 3 miliequivalentes por litros sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. los niveles promedio de potasio fueron 5.3 miliequivalentes por litros con una desviación estándar de 1.1 sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Los niveles promedio de cloro fueron 98.6 miliequivalentes por litro con una desviación estándar de 4.5 miliequivalentes por litro sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. El promedio de calcio fue de 8.2 miligramos por decilitro con una desviación estándar de 0.9 miligramos decilitro sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La mediana de fosforo fue 5.6 miligramos por decilitro con un rango Inter cuartil de 2.6 miligramos por decilitro sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La mediana de magnesio fue de 2 miligramos por decilitro con un rango Inter cuartil de 0.6 miligramos por decilitro sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Los niveles promedio de hormona paratiroidea fueron de 804 picogramos por mililitro con una desviación estándar de 492 picogramos por mililitro. Los niveles de albumina promedio fueron de 2.9 gramos por decilitro con una desviación estándar de 0.8 gramos por decilitro sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. La mediana de hemoglobina glucosilada fue de 6.3 por ciento con un rango Inter cuartil de 1.5 por ciento, sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Tabla 5.

Tabla 5

*Laboratorios del paciente en hemodiálisis*

	Toda la población (n=16)	Ultrafiltración mayor de 10 ml/kg/h	Ultrafiltración menor de 10 ml/kg/h	p
Leucocitos <sup>b</sup>	8.1 ± 2.1	8.5±2.4	7.6±1.9	0.45 <sup>3</sup>
Hemoglobina <sup>b</sup>	10.3 ±1.6	10.1±1.8	10.6±1.4	0.56 <sup>3</sup>
Plaquetas <sup>b</sup>	227.5±103.2	286.3±98.9	168±71.8	0.01 <sup>3</sup>
Nitrógeno ureico <sup>b</sup>	83.6±32.8	95.7±29.1	71.6±33.6	0.14 <sup>3</sup>
Urea <sup>b</sup>	178.7±70.2	203.3±63.1	154.1±72.0	0.16 <sup>3</sup>
Creatinina <sup>b</sup>	8.9±3.7	9.8±4.2	8.0±3.0	0.34 <sup>3</sup>
Sodio <sup>b</sup>	137.1±3.0	137.1±3.7	137.1±2.5	1.0 <sup>3</sup>
Potasio <sup>b</sup>	5.3±1.1	5.7±1.2	4.9±1.08	0.17 <sup>3</sup>
Cloro <sup>b</sup>	98.6±4.5	96.7±5.0	100.6±3.1	0.86 <sup>3</sup>
Calcio <sup>b</sup>	8.2±0.9	8.2±0.9	8.1±0.9	0.84 <sup>3</sup>
Fosforo <sup>c</sup>	5.6±2.6	5.7±2.6	5.6±2.9	1.0 <sup>4</sup>
Magnesio <sup>c</sup>	2.0±0.6	2.2±0.6	1.9±0.3	0.31 <sup>4</sup>
Paratohormona <sup>b</sup>	804.2±492.3	613.6±328.1	994.8±573.2	0.12 <sup>3</sup>
Albumina g/dL <sup>b</sup>	2.9±0.8	3.2±0.6	2.7±0.9	0.20 <sup>3</sup>
Hemoglobina glucosilada % <sup>c</sup>	6.3±1.5	6.5±1.8	6.0±1.5	0.61 <sup>4</sup>

**Nota.** Fuente: Población dividida de acuerdo con la tasa de ultrafiltración mayor a 10 mililitros/kilogramo/hora. a Se expresa en número y porcentaje dentro de la columna, b Se expresa en promedio y desviación estándar, c Se expresa en mediana y rango Inter cuartil. 1 Prueba de Chi cuadrada, 2 Prueba exacta de Fisher Prueba T de Student <sup>3</sup>. Prueba U de Mann Withney <sup>4</sup> . , g/dL: gramos por decilitro, %: por ciento.

Al determinar el estado de volumen antes de la sesión de hemodiálisis se diagnosticó sobrecarga por datos clínicos en 3 pacientes con una proporción de 18 por ciento sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Al realizar ultrasonido pulmonar se diagnosticaron 9 pacientes con una proporción de 56.3 por ciento sin diferencia estadística en el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Con protocolo VeXUS se diagnosticaron 6 pacientes con una proporción del 37.6% sin diferencia estadística entre el grupo de mayor y menor ultrafiltración. Tabla 6.

Tabla 6

*Evaluación del estado de volumen pre-hemodiálisis*

	Toda la población (n=16)	Ultrafiltración mayor de 10 ml/kg/h	Ultrafiltración menor de 10 ml/kg/h	p
Congestión clínica <sup>a</sup>	3 (18)	2 (66.7)	1 (33.3)	1.00 <sup>2</sup>
Congestión por ultrasonido pulmonar <sup>a</sup>	9 (56.3)	5 (55.6)	4 (44.4)	1.00 <sup>2</sup>
Congestión por VeXUS <sup>a</sup>	6 (37.6)	4 (66.6)	2 (33.3)	0.49 <sup>1</sup>

**Nota.** Fuente: Población dividida de acuerdo con la tasa de ultrafiltración mayor a 10 mililitros/kilogramo/hora. a Se expresa en número y porcentaje dentro de la columna, b Se expresa en promedio y desviación estándar, c Se expresa en mediana y rango Inter cuartil. 1 Prueba de Chi cuadrada, 2 Prueba exacta de Fisher Prueba T de Student <sup>3</sup>. Prueba U de Mann Withney <sup>4</sup>

Al evaluar el estado de volumen posterior de la sesión de hemodiálisis, y valorar clínicamente a los pacientes ninguno tenía datos de sobrecarga hídrica, por ultrasonido pulmonar 4 pacientes con una proporción de 2% tenían datos de

sobrecarga y ninguno paciente tuvo datos de sobrecarga con protocolo VeXUS.

Tabla 7.

Tabla 7

*Evaluación del estado de volumen Post-hemodiálisis*

	Toda la población (n=16)	Ultrafiltración mayor de 10 ml/kg/h	Ultrafiltración menor de 10 ml/kg/h	p
Congestión clínica <sup>a</sup>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-
Congestión por ultrasonido pulmonar <sup>a</sup>	4 (2)	1 (25)	3 (75)	0.56 <sup>2</sup>
Congestión por VeXUS <sup>a</sup>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-

**Nota.** Fuente: Población dividida de acuerdo con la tasa de ultrafiltración mayor a 10 mililitros/kilogramo/hora. a Se expresa en número y porcentaje dentro de la columna, b Se expresa en promedio y desviación estándar, c Se expresa en mediana y rango Inter cuartil. 1 Prueba de Chi cuadrada, 2 Prueba exacta de Fisher Prueba T de Student <sup>3</sup>. Prueba U de Mann Withney <sup>4</sup>

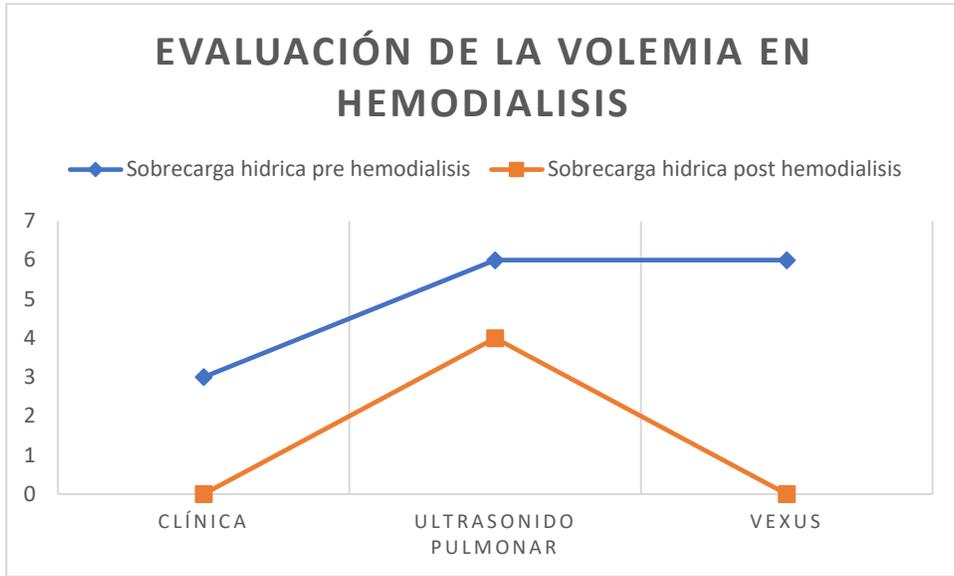


Grafico 5. Evaluación de la volemia pre y post hemodiálisis.

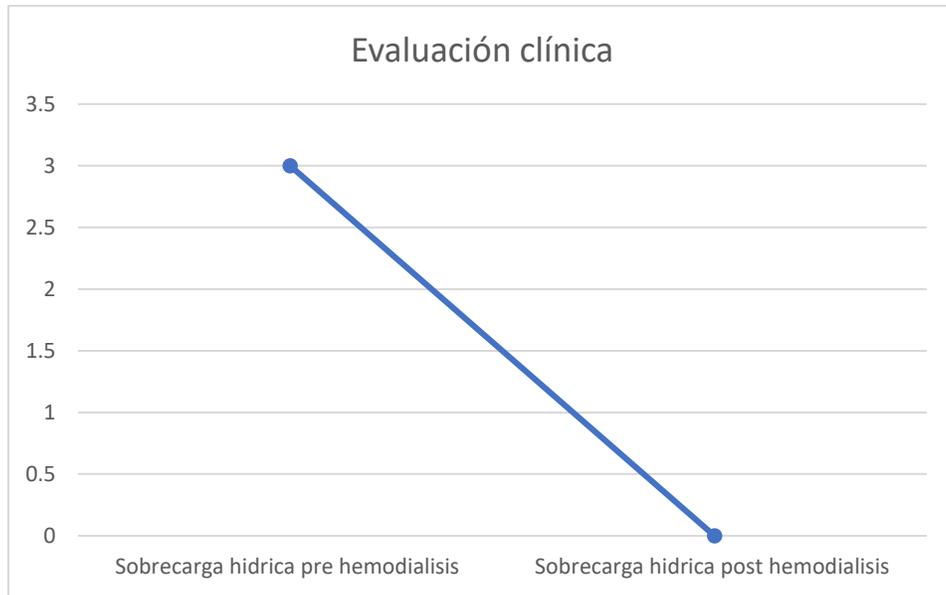


Grafico 6. Evaluación clínica de sobrecarga hídrica pre y post hemodiálisis.

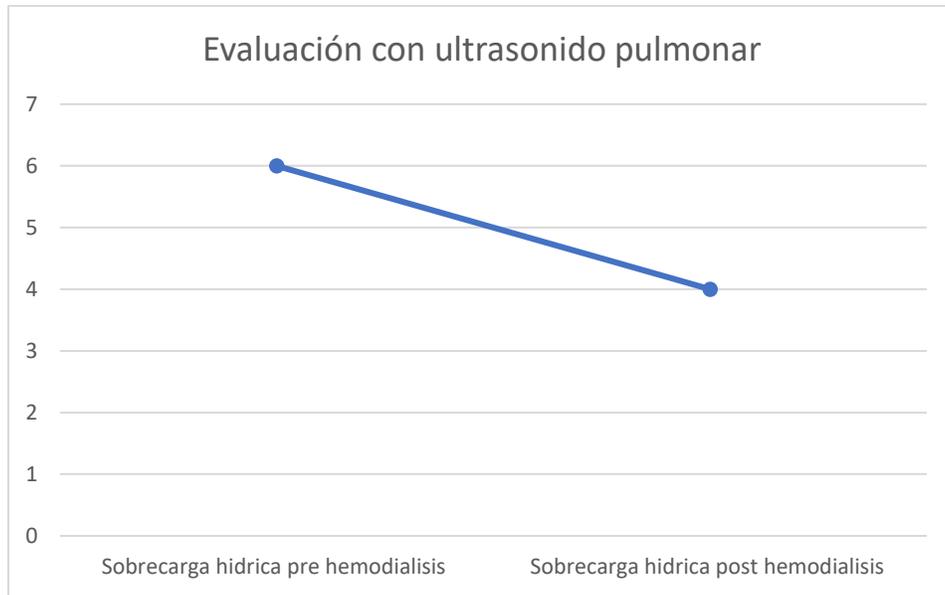


Grafico 7. Evaluación por ultrasonido de sobrecarga hídrica pre y post hemodiálisis.

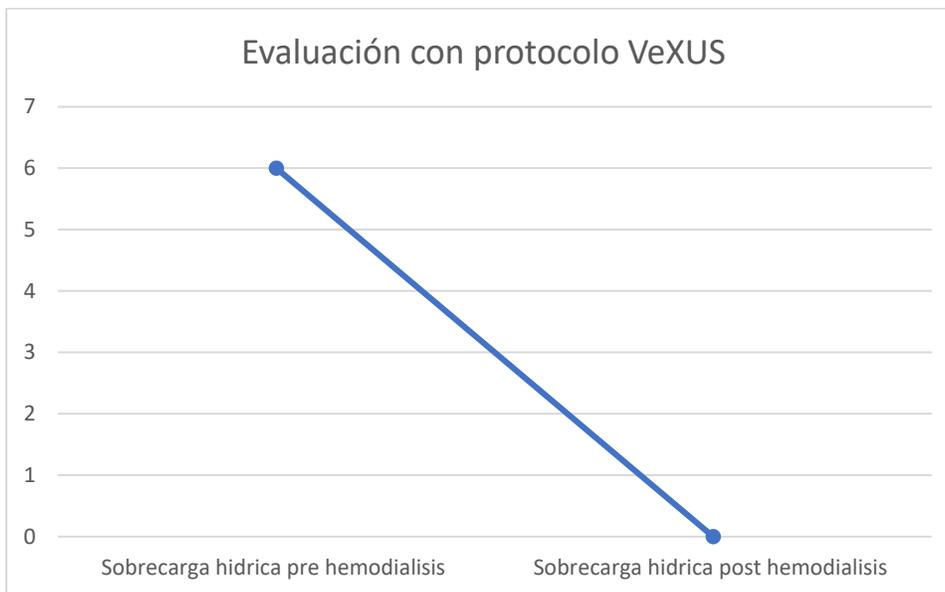


Grafico 8. Evaluación por protocolo VeXUS de sobrecarga hídrica pre y post hemodiálisis.

Se determino la sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo y valor predictivo positivo de la evaluación clínica, el ultrasonido pulmonar y el protocolo VeXUS. La evaluación clínica obtuvo una sensibilidad del 38 por ciento, especificidad del 100 por ciento, valor predictivo negativo de 63.5 por ciento y valor predictivo positivo de 0 por ciento. El ultrasonido pulmonar una sensibilidad del

88 por ciento, especificidad del 75 por ciento, valor predictivo negativo 12.5, valor predictivo positivo del 25 por ciento. El protocolo VeXUS una sensibilidad del 63 por ciento, especificidad del 88 por ciento, valor predictivo negativo 37.5 por ciento y valor predictivo positivo del 12.5 por ciento. Tabla 8.

Tabla 8

*Sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo, valor predictivo positivo de la evaluación clínica, por ultrasonido pulmonar y por protocolo VeXUS.*

	Sensibilidad	Especificidad	Valor predictivo negativo	Valor predictivo positivo
Evaluación clínica <sup>a</sup>	38	100	62.5	0
Ultrasonido pulmonar <sup>a</sup>	88	75	12.5	25
Protocolo VeXUS <sup>a</sup>	63	88	37.5	12.5

**Nota.** Fuente: Población incluida en el estudio. a Se expresa en porcentaje.

## Discusión

Nuestro estudio es el primer proyecto de investigación realizado en la unidad de hemodiálisis aplicando la modalidad de ultrasonido a pie de la cama (Pocus), como parte de la evaluación hemodinámica del paciente sometido a sesión de hemodiálisis. Es de vital importancia reconocer que la valoración ultrasonográfica realizada por cualquier personal de salud que no sea médico radiólogo puede tener múltiples limitaciones ya que dependerá de cada individuo si ha recibido o no un adecuado adiestramiento en la realización de ultrasonido pulmonar y ultrasonido VeXUS.

Conocer de manera más objetiva el estado hemodinámico del paciente toma gran importancia, principalmente por el estado de congestión (sobrecarga hídrica), como meta imperativa el estado de normovolemia, que en términos de hemodiálisis denominamos peso seco (15)(16), en el cual buscamos un estado óptimo en el que el paciente, al final de la terapia de reemplazo renal, no egrese con datos de hipervolemia caracterizados por edema, hipertensión, disnea, desaturación esto no solo es de importancia para el nefrólogo que valora en el momento actual al paciente sino que también es preocupación de otras disciplinas que muchas veces se ven involucradas en el manejo del paciente enfermo renal crónico, como cardiología y terapia intensiva en los casos congestivos severos (4)(5)

Una de las dificultades en el paciente con enfermedad renal crónica en hemodiálisis, es que el estado de congestión puede transformarse en una urgencia real, que requiera manejo hospitalario o al menos atención en la sala de urgencias, la desventaja de los datos clínicos es su baja sensibilidad y especificidad, y más aún cuando se trata de pacientes con congestión leve (7).

El no detectar oportunamente datos de hipervolemia en los pacientes, supone un factor de riesgo para hipertrofia del ventrículo izquierdo, por el alargamiento de

los cardiomiocitos y re modelamiento asimétrico y excéntrico, pero no solo eso la congestión puede condicionar la formación de derrame pleural e hipertensión arterial pulmonar. (10)

En fecha actuales es muy común contar con ultrasonido en la mayoría de los centros hospitalarios, gracias a esta disponibilidad, ser un método libre de radiación y con una reproducibilidad aceptable intra e Inter operador se está posicionando como una opción objetiva para la evaluación de congestión en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis (29).

En nuestro trabajo se observó que la cantidad de pacientes que llegan a la primer sesión de hemodiálisis, tiene datos de congestión hasta en el 18% de los paciente por valoración clínica, 56.3% por ultrasonido pulmonar y 37.6% mediante protocolo VeXUS, como hallazgo importante el promedio de anemia fue 10.3 gramos/decilitro, con una desviación estándar de 1.6 gramos/decilitro, los cuales se encuentran suplementados con eritropoyetina y hierro en dosis optimas ya que contamos con ambos recursos, no olvidar que existen correlaciones entre la sobrecarga hídrica y anemia en pacientes con enfermedad renal crónica terminal y se ha identificado que la corrección del exceso de volumen permite un mejor control de la anemia en estos pacientes, pero no solo eso sino disminución de reactantes de fase aguda, aumento de albumina, incremento de ferritina sérica y saturación de transferrina con un menor uso de agentes estimulantes de la eritropoyesis. (13).

Es común realizar ajuste de peso seco, o establecer el mismo, mediante la evacuación clínica, lo cual representa un método de ensayo y error, lo que implica el desarrollo de una adecuada habilidad para valorar ingurgitación yugular, reflujo venoso yugular, edema, disnea y estertores, reconocer el mayor requerimiento de tratamiento antihipertensivo, en nuestro proyecto de investigación se diagnosticó por clínica un 18% de paciente con datos de congestión, a los cuales sin necesidad de realizar ultrasonido ameritaran ajuste de peso seco. (17).

Pero a pesar de que cerca de una quinta parte de los pacientes presento datos de congestión, esta valoración clínica del peso seco resulta en ocasiones demasiado subjetiva y comúnmente pudiera no ser tan precisa, la desventaja de esto es que su sobreestimación e infraestimación pueden provocar desenlaces perjudiciales para el paciente con enfermedad renal crónica que se asocian con tasa de mortalidad y morbilidad significativas y principalmente en gente de mayor riesgo como el paciente adulto mayor de 65 años, diabéticos y con compromiso cardiovascular en nuestro estudio el promedio de edad de hecho es de 67 años y la etiología que predomina es la diabetes mellitus (20)(21).

La base de querer realizar ultrasonido pulmonar como parte de la evaluación hemodinámica es fundamentado por la relación que guarda la presencia de líneas B pulmonares ultrasonográficas y su relación con el diámetro de la vena cava y la presencia de datos congestivos por tomografía pulmonar. (24) Lo observado en nuestro trabajo mediante la evaluación clínica fue el método que diagnostico menos datos de hipervolemia, pareciera que con ultrasonido pulmonar se puede diagnosticar más pacientes con hipervolemia, que el método clínico no fue capaz de discriminar, el protocolo VeXUS quedo en segundo lugar, aun así, por arriba de la valoración clínica.

De los dos métodos ultrasonográficos elegidos el ultrasonido pulmonar resulta en una opción fácil de aplicar en los pacientes, en la cual el aprender a realizarlo, ocurre en menos de 1 hora, la intención de buscar líneas que parten de la pleura que atraviesan las líneas perpendiculares denominadas líneas A y tiene forma de cometa, cabe resaltar que los espacios inter costales a explorar pueden ser entre 4 a 28 espacios y que el diagnóstico se establece al observar al menos la mitad de líneas B de la cantidad de espacios observados, en nuestro caso se exploraron 4 cuadrantes de los cuales al observar más de 2 líneas B se hizo el diagnóstico.

Resulta interesante como se observó la cantidad de pacientes con congestión venosa pre hemodiálisis (56.3%) y la proporción de paciente con datos congestivo al final de la sesión mediante ultrasonido pulmonar post hemodiálisis (2%) lo cual confirma que existen cambios detectados por ultrasonido posterior a ser sometidos a ultrafiltración, e incluso en el 2 por ciento de paciente con aun presenta datos de congestión, los cuales pudieran beneficiarse de algún ajuste en su peso seco.

Fundamentado en el estudio Dry weight reduction in hypertensive hemodialysis patients (DRIP), donde se ajustó peso seco de 200 gramos en cada sesión de hemodiálisis, hasta alcanzar manifestaciones de hipovolemia, en el cual además se logró una reducción en las cifras de tensión arterial sistólica a las 4 semanas de - 6.9 milímetros de mercurio y de -3.1 milímetros de mercurio en la presión diastólica, se podría valorar esta estrategia en los paciente de este protocolo en los que se confirmó datos de congestión venosa por clínica, por ultrasonido pulmonar y por protocolo VeXUS, en los cuales la estrategia de ultrafiltración podría no solo limitarse en los 200 mililitros del estudio antes comentado, sino lograr ajustes mayores mediante vigilancia intra y al final de la sesión guiado por ecografía. (18)(19).

Una característica de la valoración hemodinámica mediante el uso de ecografía (ultrasonido pulmonar y protocolo VeXUS) es su gran disponibilidad, es un método libre de radiación y una reproducibilidad bastante aceptable intra e inter operador, considerado por muchos como una herramienta muy interesante para la evaluación de congestión hídrica en los pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis, sin embargo, la poca evidencia en hemodiálisis hace que su uso sea infravalorado. Mallamaci F y colaboradores realizaron un estudio con 75 paciente con Enfermedad renal crónica en hemodiálisis, en donde se comprobó una buena concordancia intra e inter observador en relación a la determinación del estado hídrico del paciente por medio de ecografía de pulmonar, documentando que un 63% de los pacientes presentaba congestión hídrica, lo

interesante de este estudio es que de esta cantidad de paciente antes comentada el 57% de los pacientes se encontraba asintomático pese a una congestión pulmonar moderada severa (33), lo cual resulta muy alarmante, el hecho de saber que cuando no realizamos una monitorización no invasiva más extensa, podemos infra diagnosticar a pacientes con datos de hipervolemia incluso cuando es hipervolemia severa, pacientes que ante cualquier transgresión hídrico dietética pueden presentar desenlaces negativos como requerimiento de hospitalización, dificultad respiratoria que condicione manejo avanzado de la aérea.

Claudia Torino y colaboradores como parte de un sub estudio del protocolo LUST, demostraron que el poder discriminatorio de la auscultación es muy bajo para el diagnóstico de congestión leve (área bajo la curva 0.68), lo mismo para el edema periférico, hallaron un 64% de congestión pulmonar moderada a severa tras realizar ultrasonido pulmonar y determinar líneas B (20). El poder diagnosticar datos de sobrecarga hídrica con el ultrasonido cuando no hay traducción clínica, llevará a una estrategia de ultrafiltración personalizada, teóricamente se verá reflejada en costos sanitarios de hospitalización y visitas al departamento de urgencias.

El objetivo primordial es una mejor titulación de peso seco guiada por ecografía, disminuyendo la probabilidad de hipotensión intra diálisis, en nuestro estudio no se realizó alguna intervención solo fue observacional pero en los pacientes categorizados como congestivos son candidatos a ajuste de peso seco, Loutradis y colaboradores realizaron una estrategia de ajuste de peso seco mediante ultrasonido pulmonar, valorando líneas B en 71 pacientes los cuales se encontraban en euvoemia pero con hipertensión, demostrando con el uso de ecografía pulmonar se logró una disminución de la sobrecarga de volumen y una reducción del porcentaje de pacientes que experimentaron uno o más episodios de hipotensión intradialisis (35).

## Conclusiones

El ser portador de nefropatía crónica terminal es una morbilidad que limita la capacidad funcional de las personas que lo padecen, específicamente cuando se tienen datos de hipervolemia que pueden limitar aún más las actividades cotidianas de la vida diaria.

Realizar la valoración hemodinámica con el objetivo de determinar el estado de volumen del paciente mediante ultrasonido pulmonar y protocolo VeXUS requiere el adiestramiento previo, y una vez en práctica una adecuada coordinación al momento de efectuar las distintas mediciones, ya que la valoración previa a la sesión implica tiempo de realización que de no ser adecuadamente coordinado puede limitar los horarios de los programas de hemodiálisis.

La valoración intradiálisis es complicada por la postura que adoptan los pacientes al estar en el reposet, lo cual dificulta algunos aspectos técnicos específicamente en el ultrasonido pulmonar la valoración de puntos posteriores pulmonares es difícil, y en el protocolo VeXUS la postura en el reposet dificulta la valoración de la vena cava, vena hepática, vena porta e incluso las venas renales.

Establecer una adecuada exploración pre hemodiálisis y post hemodiálisis en una mesa de exploración, previo a pasar el reposet donde se efectuará la sesión de hemodiálisis fue punto clave para la adecuada medición de las distintas variables.

Este es el primer estudio de tipo exploratorio de variables ecográficas en relación con el ultrasonido pulmonar y protocolo VeXUS durante la sesión de hemodiálisis y que en un segundo estudio permitirá valorar el ajuste de peso seco en nuestros pacientes de la unidad de hemodiálisis.

Ventaja principal de este protocolo es su finalidad de detectar a pacientes que necesiten mayor ultrafiltración con el objetivo de disminuir el número de episodios de hipotensión.

Los pacientes valorados recibían una cantidad de 3 sesiones de hemodiálisis de 180 minutos, considerado como una prescripción habitual de hemodiálisis intermitente. Los pacientes con mayores tasas de ultrafiltración eran los que tenían a usar mayor cantidad de antihipertensivos comparados con los que tenían menor ultrafiltración, lo cual supone que están más congestivos.

La ultrafiltración fue mayor en aquellos pacientes los cuales llegaban con mayores ganancias inter dialíticas. No hubo diferencia en el comportamiento de las cifras tensionales durante la sesión de hemodiálisis

Fue evidente el cambio en la cantidad de pacientes diagnosticados con datos de hipervolemia mediante ecografía (ultrasonido pulmonar y protocolo VeXUS) antes de la sesión de hemodiálisis comparado con la realización de ecografía post hemodiálisis en donde se observaron menor cantidad de pacientes con datos de hipervolemia lo cual es explicado por la ultrafiltración recibida por los pacientes.

Existe poca experiencia en nuestro centro respecto a la realización de ultrasonido pulmonar y del protocolo VeXUS para la determinación de la volemia en el paciente en hemodiálisis. Es necesario y de gran importancia difundir el conocimiento en esta área, con la premisa de optimizar el peso seco de nuestro paciente, ante su complejidad metódica, es necesario incorporar este tipo de valoración a la rutina de hemodiálisis para mejorar el desempeño diagnóstico de esta prueba, la cual es operador dependiente.

## Limitaciones del estudio

Una de las principales limitantes de este estudio es la variación inter observador para detectar datos de sobrecarga hídrica, quizá realizar ultrasonido pulmonar en miras a detectar líneas B no sea difícil, pero realizar el protocolo VeXUS implica un mayor grado de habilidad con el transductor más cuando se trata de valorar la pulsatilidad de las venas renales.

Realizar un análisis estadístico es complicado debido a que el tamaño de la población de este protocolo es pequeño otro limitante es que se trata de un estudio un céntrico

En las últimas dos décadas han surgido múltiples métodos no invasivos que permiten estimar el volumen de agua corporal total, como la monitorización continua del hematocrito (Crit Line), ultrasonido pulmonar, protocolo VeXUS y espectroscopia por bioimpedancia sin embargo todas estas herramientas aunque pueden predecir mortalidad desafortunadamente su verdadera utilidad en la práctica clínica para el manejo de pacientes con enfermedad renal crónica aún no está bien definida y otra desventaja es su alto costo o su accesibilidad e incluso la capacitación para poder usarlos.

Otra limitante es que no existe ecografía precisa que nos determine con exactitud el estado de volumen, tanto el ultrasonido pulmonar como el protocolo VeXUS se han vuelto populares entre los usuarios novatos y no novatos de POCUS, su uso aislado para determinar y monitorizar el estado de congestión está sujeto a múltiples limitaciones.

Realizar adiestramiento para la realización de ultrasonido pulmonar y protocolo VeXUS es complicado, son pocos los centros que realizan cursos, este tipo de evaluaciones ecográficas, suelen ser mejor comprendidas y manejadas por personal

de unidades de cuidados críticos quienes son especialistas con mayor acercamiento a este tipo de técnicas.

## Estudios posteriores y propuestas

Este es el primer estudio acerca de valoración hemodinámica de la congestión mediante ultrasonido pulmonar y protocolo VeXUS, abre la puerta a estudios posteriores en los que se puede realizar un ajuste de peso guiado por ultrasonido. Sería importante también determinar si el estado de volumen se asocia con una pobre capacidad de realizar actividades físicas, y si existe alguna relación con la calidad de vida. Si además se lograra una capacitación para medir la presión de la arteria pulmonar para valorar la probabilidad de presencia de hipertensión arterial pulmonar.

Valdría la pena realizar esta misma valoración en otras unidades de PEMEX e incrementar en número de muestra para futuros estudios, la evaluación ecográfica está bien justificada ya que la hipervolemia puede ser una característica de la enfermedad renal crónica considerado factor de riesgo para mayor morbimortalidad, factor que puede ser modificable.

## Referencias

1. Webster AC, Nagler E V., Morton RL, Masson P. Chronic Kidney Disease. *Lancet* [Internet]. 2017;389(10075):1238–52. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)32064-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32064-5)
2. Bikbov B, Purcell CA, Levey AS, Smith M, Abdoli A, Abebe M, et al. Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2020;6736(20):1–25.
3. Hemodiálisis En La DY, Recomendaciones E. GUÍA DE PRÁCTICA CLÍNICA GPC Tratamiento sustitutivo de la función renal. INSUFICIENCIA RENAL CRÓNICA segundo y tercer nivel de atención [Internet]. [cited 2020 Feb 24]. Available from: <http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/catalogoMaestroGPC.html>
4. Covic A, Siriopol D, Voroneanu L. Use of Lung Ultrasound for the Assessment of Volume Status in CKD. *Am J Kidney Dis* [Internet]. 2018;71(3):412–22. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2017.10.009>
5. Platz E, Merz AA, Jhund PS, Vazir A, Campbell R, McMurray JJ. Dynamic changes and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in acute and chronic heart failure: a systematic review. *Eur J Heart Fail*. 2017;19(9):1154–63.
6. Seidowsky A, Vilaine È, Mansencal N, Ébel A, Villain C, Cheddani L, et al. Pulmonary ultrasound and dialysis. *Nephrol Ther*. 2018;14: S73–81.
7. Zoccali C, Tripepi R, Torino C, Bellantoni M, Tripepi G, Mallamaci F. Lung congestion as a risk factor in end-stage renal disease. *Blood Purif*. 2014;36(3–4):184–91.
8. Castellano S, Palomares I, Molina M, Pérez-García R, Aljama P, Ramos R, et al. Clinical, analytical and bioimpedance characteristics of persistently overhydrated haemodialysis patients. *Nefrologia*. 2014;34(6):716–23.
9. Sinha AD, Agarwal R. Setting the dry weight and its cardiovascular implications. *Semin Dial*. 2017;30(6):481–8.
10. Chou JA, Kalantar-Zadeh K. Volume Balance and Intradialytic Ultrafiltration Rate in the Hemodialysis Patient. *Curr Heart Fail Rep*. 2017;14(5):421–7.
11. Enia G, Torino C, Panuccio V, Tripepi R, Postorino M, Aliotta R, et al. Asymptomatic pulmonary congestion and physical functioning in hemodialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2013;8(8):1343–8.

12. Matsuo N, Yokoyama K, Maruyama Y, Ueda Y, Yoshida H, Tanno Y, et al. Clinical impact of a combined therapy of peritoneal dialysis and hemodialysis. *Clin Nephrol*. 2010 Sep 1;74(3):209–16.
13. Deng Y, Liu H, Lin N, Ma L, Fu W. Influence of dry weight reduction on anemia in patients undergoing hemodialysis. *J Int Med Res*. 2019;47(11):5536–47.
14. Annamalai I, Balasubramaniam S, Edwin Fernando M, Srinivasaprasad ND, Suren S, Thirumalvalavan K, et al. Volume assessment in hemodialysis: A comparison of present methods in clinical practice with sonographic lung comets. *Indian J Nephrol*. 2019 Mar 1;29(2):102–10.
15. Gul A, Miskulin D, Harford A, Zager P. Intradialytic hypotension. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2016;25(6):545–50.
16. Arun Thomas ET, Mohandas MK, George J. Comparison between clinical judgment and integrated lung and inferior vena cava ultrasonography for dry weight estimation in hemodialysis patients. *Hemodial Int*. 2019;23(4):494–503.
17. Mullens W, Damman K, Harjola VP, Mebazaa A, Brunner-La Rocca HP, Martens P, et al. The use of diuretics in heart failure with congestion — a position statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail*. 2019;21(2):137–55.
18. Ohashi Y, Sakai K, Hase H, Joki N. Dry weight targeting: The art and science of conventional hemodialysis. *Semin Dial*. 2018;31(6):551–6.
19. Agarwal R, Alborzi P, Satyan S, Light RP. Dry-weight reduction in hypertensive hemodialysis patients (DRIP): A randomized controlled trial. *Bone* [Internet]. 2008;23(1):1–7. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2688697/pdf/nihms-110443.pdf>
20. Torino C, Gargani L, Sicari R, Letachowicz K, Ekart R, Fliser D, et al. The agreement between auscultation and lung ultrasound in hemodialysis patients: The LUST study. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2016;11(11):2005–11.
21. Stef Á Nsson B V., Brunelli SM, Cabrera C, Rosenbaum D, Anum E, Ramakrishnan K, et al. Intradialytic hypotension and risk of cardiovascular disease. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2014;9(12):2124–32.
22. Stevenson LW, Perloff JK. The Limited Reliability of Physical Signs for Estimating Hemodynamics in Chronic Heart Failure. *JAMA J Am Med Assoc*. 1989;261(6):884–8.
23. Agarwal R, Andersen MJ, Pratt JH. On the importance of pedal edema in hemodialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2008;3(1):153–8.

24. Zoccali C. Lung Ultrasound in the Management of Fluid Volume in Dialysis Patients: Potential Usefulness. *Semin Dial.* 2017;30(1):6–9.
25. Alexiadis G, Panagoutsos S, Roumeliotis S, Stibiris I, Markos A, Kantartzi K, et al. Comparison of multiple fluid status assessment methods in patients on chronic hemodialysis. *Int Urol Nephrol.* 2017;49(3):525–32.
26. Donadio C, Bozzoli L, Colombini E, Pisanu G, Ricchiuti G, Picano E, et al. Effective and timely evaluation of pulmonary congestion: Qualitative comparison between lung ultrasound and thoracic bioelectrical impedance in maintenance hemodialysis patients. *Med (United States).* 2015;94(6):1–9.
27. Reddan DN, Szczech LA, Hasselblad V, Lowrie EG, Lindsay RM, Himmelfarb J, et al. Intradialytic blood volume monitoring in ambulatory hemodialysis patients: A randomized trial. *J Am Soc Nephrol.* 2005;16(7):2162–9.
28. Preciado P, Zhang H, Thijssen S, Kooman JP, van der Sande FM, Kotanko P. All-cause mortality in relation to changes in relative blood volume during hemodialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2019;34(8):1401–8.
29. Di Nicolò P, Magnoni G, Granata A. Lung Ultrasound in Hemodialysis: A Card to be Played? *Blood Purif.* 2017;44(1):1–7.
30. Kaptein MJ, Kaptein JS, Oo Z, Kaptein EM. Relationship of inferior vena cava collapsibility to ultrafiltration volume achieved in critically ill hemodialysis patients. *Int J Nephrol Renovasc Dis.* 2018;11:195–209.
31. Lichtenstein D. Lung ultrasound in the critically ill. *Curr Opin Crit Care.* 2014;20(3):315–22.
32. Saad MM, Kamal J, Moussaly E, Karam B, Mansour W, Gobran E, et al. Relevance of B-Lines on lung ultrasound in volume overload and pulmonary congestion: Clinical correlations and outcomes in patients on hemodialysis. *CardioRenal Med.* 2018;8(2):83–91.
33. Mallamaci F, Benedetto FA, Tripepi R, Rastelli S, Castellino P, Tripepi G, et al. Detection of pulmonary congestion by chest ultrasound in dialysis patients. *JACC Cardiovasc Imaging* [Internet]. 2010;3(6):586–94. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcmg.2010.02.005>
34. Lung Water by Ultrasound Guided Treatment in Hemodialysis Patients (The Lust Study). - Full Text View - ClinicalTrials.gov [Internet]. [cited 2020 Feb 27]. Available from: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT02310061?titles=LUST>
35. Loutradis C, Sarafidis PA, Ekart R, Papadopoulos C, Sachpekidis V, Alexandrou ME, et al. The effect of dry-weight reduction guided by lung ultrasound on ambulatory blood pressure in hemodialysis patients: a randomized

controlled trial. *Kidney Int* [Internet]. 2019;95(6):1505–13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.kint.2019.02.018>

36. Hassanzadeh Rad A, Badeli H. Point-of-care ultrasonography: is it time nephrologists were equipped with the 21st century's stethoscope? *Iran J Kidney Dis*. 2017;11(4):259–62.

37. Koratala A, Ronco C, Kazory A. The promising role of lung ultrasound in assessment of volume status for patients receiving maintenance renal replacement therapy. *Blood Purif*. 2020. <https://doi.org/10.1159/000505529>.

38. Via G, Tavazzi G, Price S. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view. *Intensive Care Med*.

2016;42(7):1164–7. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4357-9>.

39. Rosenkranz S, Howard LS, Gomberg-Maitland M, Hoepfer MM. Systemic consequences of pulmonary hypertension and right-sided heart failure. *Circulation*. 2020;141(8):678–93. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022362>.

org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022362.

40. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, et al. Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *Ultrasound J*. 2020;12(1):16. <https://doi.org/10.1186/s13089-020-00163-w>.



**Consentimiento Informado**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD DE PEMEX**

**Título de Proyecto:** Evaluación de la volemia mediante protocolo VEXUS y ultrasonido pulmonar posterior a sesión de diálisis al inicio de semana en pacientes tratado en la unidad de hemodiálisis del Hospital Central Sur de Alta Especialidad

Yo, \_\_\_\_\_ con ficha : \_\_\_\_\_ he leído la información que se me ha entregado. Los médicos-investigadores me han explicado claramente en qué consiste la investigación en la que participaré.

Los beneficios de mi participación son: exploración física y ultrasonográfica del estado de volumen corporal con potencial detección de patologías inherentes al uso de esta.

Los riesgos potenciales son mínimo ya que trata de un procedimiento no invasivo, sin embargo, podría existir dolor ocasionado por la compresión del transductor con la piel en el sitio de exploración física y ultrasonográfica.

Mi participación en el proyecto es enteramente voluntaria y soy libre de rehusar a tomar parte o a abandonar en cualquier momento, sin afectar ni poner en peligro mi atención médica futura, la participación en este protocolo no incluye algún tipo de remuneración.

Consiento en participar en este proyecto, con la realización de ultrasonido pulmonar y protocolo VEXUS, he tenido la oportunidad de plantear mis dudas, temores y expectativas respecto al estudio. Se me ha proporcionado información suficiente acerca de todo lo referente al estudio, han respondido todas mis preguntas, me han dado información complementaria del proyecto y me han dado tiempo para tomar mi decisión.

Ciudad de México \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Paciente: \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

1<sup>er</sup> Testigo \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_





Relación con el paciente \_\_\_\_\_

2º Testigo \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

Relación con el paciente \_\_\_\_\_

Investigador \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

**ESTE APARTADO DEBERÁ LLENARSE EN CASO DE QUE EL PACIENTE REVOQUE EL CONSENTIMIENTO**

Yo, \_\_\_\_\_ con ficha : \_\_\_\_\_, en calidad de paciente Revoco el Consentimiento para participar o continuar en protocolo de investigación .

Ciudad de México: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Paciente: \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

1º Testigo \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

Relación con el paciente \_\_\_\_\_

2º Testigo \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

Relación con el paciente \_\_\_\_\_

Investigador \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

\*Revisar la Guía Operativa para la Conformación y Operación del Comité de Ética en investigación en las Unidades Médicas de Petróleos Mexicanos

