

**CORRELACIÓN Y CONCORDANCIA ENTRE GASES ARTERIALES Y VENOSOS EN  
PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA SIN TERAPIA DIALÍTICA**

JUAN DAVID QUINTERO OSPINA

CESAR AUGUSTO RESTREPO VALENCIA

JOSE ARNOBY CHACÓN

UNIVERSIDAD DE CALDAS

2023

**CORRELACIÓN Y CONCORDANCIA ENTRE GASES ARTERIALES Y  
VENOSOS EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA SIN TERAPIA  
DIALÍTICA**

**Juan David Quintero Ospina**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

**ESPECIALISTA EN MEDICINA INTERNA**

Director (a):

Doctor Cesar Augusto Restrepo

Grupo de Investigación:

Nefrología

Universidad de Caldas

Facultad, De Medicina

Manizales, Colombia

2023

## Tabla de contenido

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>SUMMARY</b> .....	5
<b>1. introducción</b> .....	6
<b>1.1. OBJETIVOS</b> .....	10
1.1.1 Objetivo General.....	10
1.1.2 Objetivos Específicos.....	10
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	11
2.1 Diseño del estudio:.....	11
2.2 Tipo de estudio: .....	11
2.3 POBLACIÓN.....	11
2.4 Criterios de inclusión.....	11
2.5 Criterios de exclusión.....	12
2.6 Muestra.....	13
2.7 Variables. ....	14
2.8 RECOLECCION DE INFORMACIÓN .....	16
2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	17
2.10 ASPECTOS ÉTICOS .....	17
<b>3. RESULTADOS</b> .....	19
<b>4. DISCUSIÓN</b> .....	24
Conclusiones.....	26
Contribución de cada autor.....	26
Declaración de fuentes de financiación.....	26
Conflicto de intereses.....	26
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	27

## RESUMEN

**Contexto:** Los gases arteriales son importantes para establecer el estado ácido básico en los pacientes con enfermedad renal crónica (ERC), y permiten el diagnóstico de alteraciones como la acidosis metabólica, a la que se le han atribuido diversas complicaciones. Su realización implica punción arterial y riesgos como dolor, infecciones, sangrado y compromiso de la integridad del sistema arterial, el cual se requiere para posteriores fistulas arterio-venosas.

**Objetivo:** Determinar la correlación y concordancia entre los gases arteriales y venosos en pacientes con enfermedad renal crónica sin terapia dialítica.

**Metodología:** Estudio descriptivo en pacientes con ERC no dialítica, atendidos en una consulta ambulatoria de Nefrología en Manizales en el periodo 2020-2022, quienes contaban con estudios en sangre y orina correspondientes al programa de nefroprotección, datos sociodemográficos y clínicos. En el grupo de pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión se midieron gases arteriales y venosos de forma simultánea con el fin de establecer correlación y concordancia entre ambas mediciones. Se analizó también el resultado según el estadio de ERC, con el fin de identificar si se presentaba mayor acidosis metabólica en estadios más avanzados.

**Resultados:** Se identificaron 130 pacientes con ERC estadio III a IV (TFG MDRD < 60 ml/min) de los cuales 74 fueron excluidos. En los 56 pacientes incluidos se encontró una mediana de edad de 66 años (RIC 55.5 – 75.5), el 57,14% estaba en el rango de estadio 3A. El reporte arrojó un pH arterial medio de 7,41 (RIC 7,38 – 7,43), pH venoso 7,35, RIC (7,32-7,36), HCO<sub>3</sub> arterial 21,9, (RIC 21,1-23,4) y HCO<sub>3</sub> venoso 23,0 (RIC 22,1- 24,8). Se identificó acidosis metabólica en el 12,5 % de los pacientes, y afectó principalmente a los del estadio 3B. Se estableció el coeficiente de correlación de Spearman el cual para el caso de PH fue de 0,53 y 0,74 para HCO<sub>3</sub>, además se realizó el coeficiente de correlación intraclase para pH de 0,74 y 0,77 para HCO<sub>3</sub> estableciendo buena correlación. Se determinó el nivel de concordancia por el método de Bland Altman, en ambas pruebas.

**Conclusiones:** el pH y bicarbonato venosos concuerdan con el pH y el bicarbonato arteriales en la población de pacientes con enfermedad renal crónica no dialítica. La toma de muestra venosa para gases arteriales se constituye en una alternativa importante para el análisis del estado acido-base de pacientes con ERC no dialítica, evitando los riesgos de la punción arterial.

### Palabras clave:

Gasometría arterial, acidosis metabólica, enfermedades renales, fallo renal crónico, técnicas de laboratorio clínico, diagnóstico clínico.

## SUMMARY

**Objective:** To determine the correlation and agreement between arterial and venous gases in patients with chronic kidney disease without dialysis therapy.

**Methodology:** Descriptive study in patients with non-dialysis CKD, attended in an outpatient nephrology consultation in Manizales in the period 2020-2022, who had blood and urine studies corresponding to the nephroprotection program, sociodemographic and clinical data. In the group of patients who met the inclusion criteria, arterial and venous gases were measured simultaneously in order to establish correlation and agreement between both measurements. The result was also analyzed according to the stage of CKD, in order to identify if there was greater metabolic acidosis in more advanced stages.

**Results:** We identified 130 patients with stage III to IV CKD (MDRD GFR < 60 ml/min) of which 74 were excluded. In the 56 patients included, a median age of 66 years was found (IQR 55.5 – 75.5), 57.14% were in the stage 3A range. The report showed a mean arterial pH of 7.41 (IQR 7.38 – 7.43), venous pH 7.35, IQR (7.32-7.36), arterial HCO<sub>3</sub> 21.9, (IQR 21.1-23.4) and venous HCO<sub>3</sub> 23.0 (IQR 22.1-24.8). Metabolic acidosis was identified in 12.5% of patients, mainly affecting stage 3B patients. Spearman's correlation coefficient was established which for the case of PH was 0.53 and 0.74 for HCO<sub>3</sub>, in addition the intraclass correlation coefficient for pH of 0.74 and 0.77 for HCO<sub>3</sub> establishing good correlation. The level of agreement was determined by the Bland Alnan method in both tests.

**Conclusions:** venous pH and bicarbonate agree with arterial pH and bicarbonate in the population of patients with chronic non-dialysis kidney disease. Venous sampling for arterial gases is an important alternative for the analysis of the acid-base state of patients with non-dialysis CKD, avoiding the risks of arterial puncture.

### Keywords:

Arterial gasomatria, metabolic acidosis, kidney diseases, chronic renal failure, clinical laboratory techniques, clinical diagnosis.

## 1. introducción

Los desequilibrios ácido básicos son alteraciones de la homeostasis que se manifiestan como consecuencia de varias patologías entre ellas la enfermedad renal crónica (1). En condiciones normales los riñones y pulmones son los órganos encargados de mantener el equilibrio de ácidos y bases en todo el organismo; los riñones lo hacen por medio de la excreción de ácidos, reabsorción del bicarbonato filtrado, y regeneración del titulado, manteniendo el PH en rangos fisiológicos. Sin embargo, en individuos que presenten situaciones en las que se comprometa la función renal con caída en la tasa de filtración glomerular, se retienen hidrogeniones haciendo que los niveles de ácido aumenten de forma significativa (2).

Los ácidos y las bases se incorporan al organismo mediante dos fuentes principales: la primera por síntesis de tipo endógeno, la cual se refiere a los productos de reacciones derivadas del metabolismo energético, y una segunda fuente de carácter exógeno procedente de la dieta. Desde el punto de vista bioquímico la disponibilidad de la carga ácida se lleva a cabo principalmente en forma de amonio, y una porción menor en forma de ácidos titulables (3,4). Los ácidos provienen de productos de origen animal, mientras que los vegetales y frutas aportan el componente básico (1,4,5), por eso es necesario que los pacientes con enfermedad renal crónica tengan dentro de su tratamiento un plan dietario donde predomine el componente básico para disminuir la incidencia de acidosis metabólica (4)(5)(6).

Cuando se establece la enfermedad renal crónica se presenta retención de hidrogenados, lo cual deben compensarse con mayor síntesis de bicarbonato, manteniéndose el equilibrio ácido básico (7); sin embargo, a medida que progresa el compromiso renal estos mecanismos de compensación son superados por la carga creciente de compuestos ácidos, lo que en últimas establece un estado de acidosis metabólica permanente.

Fisiopatológicamente los mecanismos compensatorios inician desde el estadio 2 de la enfermedad renal crónica, y ha sido documentado que desde el momento en el que cae levemente la filtración glomerular existe un aumento parcial en la síntesis de bicarbonato, asociado además a hipertrofia del tejido renal funcionante, con cambios en la PCO<sub>2</sub> a causa de la activación compensatoria del sistema respiratorio (8,9). Sin embargo, es en el estadio 3 donde dichos mecanismos compensatorios se agotan e inicia el desequilibrio permanente de acidosis metabólica(5).(8)

La enfermedad renal crónica cada vez es más prevalente en el mundo. Estadísticas norteamericanas indican que alrededor de tres millones de personas con enfermedad renal crónica en etapa 3 al 5 presentan acidosis metabólica, encontrándose una prevalencia de 9.4% para la etapa 3a, 18.1 % en la etapa 3b y 31.5% para los estadios 4 y 5 (8).

Bikbov B, Purcell CA. et al en una revisión sistemática (9) demuestran que la acidosis metabólica es una complicación que va en aumento, no solo en prevalencia sino como factor de riesgo para aumentar la morbilidad en la población con enfermedad renal crónica. Por otro lado, según Jeffrey A. Kraut (10) la acidosis metabólica es un factor importante en la disminución progresiva de la tasa de filtración glomerular. Niveles elevados de amonio promueven la activación del complemento, ocasionando depósito de inmunocomplejos en el tejido renal y muerte progresiva de las nefronas y con ello se genera un círculo vicioso que incrementa la caída de la tasa de filtración glomerular (10).

El desequilibrio ácido básico, producto de la enfermedad renal crónica, ha sido objeto de múltiples estudios e investigaciones(11). Se ha encontrado que es un estado que aumenta el riesgo cardiovascular al comportarse como un factor de riesgo de mortalidad de índole cardíaca. (11,13).

Así mismo, Krault JA. et al en su publicación revelan un aumento en la incidencia de desenlaces renales, tales como muerte, trasplante o diálisis, en pacientes con ERC 3-5 en un 48% frente a un 17% en pacientes sin acidosis metabólica. También se ha establecido la asociación entre falla cardíaca, accidente cerebrovascular e infarto agudo de miocardio con acidosis metabólica en el contexto de enfermedad renal crónica (1, 11).

La asociación de acidosis metabólica y enfermedades cardiovasculares no son los únicos factores de riesgo que tienen relación biológica, puesto que la presencia de un ambiente ácido aumenta el catabolismo proteico, lo que compromete el sistema (13)muscular estriado, funcionalidad y calidad de vida de los pacientes adultos y la población geriátrica (2).

Todo lo anterior muestra la plausibilidad biológica existente entre la acidosis metabólica en enfermedad renal crónica y el aumento de mortalidad con deterioro de la calidad de vida en estos pacientes(14). Por este motivo se establece como objetivo terapéutico vigilar y corregir este desequilibrio ácido básico en aras de disminuir la mortalidad y mejorar la calidad de vida, requiriéndose la toma continua de gases arteriales en esta población (4)(15).

La evidencia actual describe la acidosis metabólica como una entidad que se subdivide en varios espectros clínicos desde la acidosis metabólica eubicarbonetémica en la cual los gases arteriales se describen como “normales” sin embargo a pesar de esto, el riesgo de desenlaces anteriormente expuestos está presente, situación que hace necesario aplicar una prueba de seguimiento más riguroso. En segundo lugar, está la acidosis metabólica hipobicarbonetémica no acidémica la cual muestra niveles bajos de bicarbonato y pH normal y en tercer puesto está la acidosis metabólica acidémica e hipobicarbonetémica siendo esta la de mayor riesgo de complicaciones en el paciente con enfermedad renal crónica.(5).

Normalmente la toma de gases arteriales en el contexto de la enfermedad renal crónica se reserva para casos en donde sea necesario diferenciar la acidosis metabólica de otro trastorno ácido básico sobreadregado, o en casos en donde se desee realizar seguimiento posterior al inicio de una terapia correctiva (16). Sin embargo, es necesario establecer un seguimiento continuo del equilibrio ácido básico en aras de lograr su monitoreo adecuado.

El hecho de corregir la acidosis metabólica en el paciente con enfermedad renal crónica sustenta beneficios potenciales, como el incremento en la masa muscular, fuerza y aumento de las reservas minerales del hueso (1,15,16). Así mismo es necesario establecer un seguimiento mas riguroso mediante la toma de gases venosos toda vez que la literatura desaconseja los gases arteriales en pacientes con ERC por el riesgo de complicaciones, además de ser necesario poder detectar los pacientes y clasificar según el espectro de acidosis metabólica y definir la pertinencia de tratamiento con bicarbonato oral. (24)

Un metaanálisis realizado por Cases A et al, muestra evidencia a favor para establecer tratamiento en la acidosis metabólica sobre todo a base de frutas y verduras, más que el uso de terapia farmacológica con bicarbonato. Se ha visto que una dieta rica en frutas y verduras aumenta la carga básica, lo que neutraliza el exceso de ácido sin incurrir en

reacciones adversas y garantiza un adecuado control (5), sin embargo, hace necesaria la toma repetitiva de gases arteriales lo que puede comprometer la integridad del sistema arterial, impidiendo su utilización futura para la creación de fístulas arteriovenosas en caso de requerirse terapia de reemplazo renal con hemodiálisis. (24)

Existen estudios que establecen una comparación entre gases arteriales y venosos en relación a diferentes escenarios clínicos, como el servicio de urgencias, UCI y unidades de trauma y pacientes con cetoacidosis diabética (17)(18), en cuyo caso se demostró buena correlación entre las dos pruebas.

Brandenburg M, Dire DJ, planteó la correlación entre los valores de gases arteriales y venosos en pacientes con cetoacidosis diabética (19), lográndose encontrar correlación entre los dos valores. Zakrisson T publicó un estudio con 127 pacientes en estado de shock asociado a trauma donde muestra un fuerte relación lineal positiva entre estas dos pruebas (21,22).

Se realizó una revisión de la literatura en la base de datos PubMed, usando los términos "blood gas análisis y chronic kidney disease", y no se encontró estudios que evaluaran correlación entre gases arteriales y venosos en pacientes con enfermedad renal crónica.

Por lo anterior se plantea que la acidosis metabólica es un trastorno ácido básico que se inicia en etapas tempranas de la enfermedad renal crónica asociado a diversas complicaciones, entre ellas, el continuo deterioro de la función renal, empeoramiento de la misma, y aumento de los desenlaces cardiovasculares. Por ende, es necesario establecer un tratamiento y seguimiento continuo de los desequilibrios ácido básicos desde etapas tempranas para disminuir la progresión de la enfermedad y sus complicaciones como fracturas, caídas, y compromiso músculo esquelético.

El seguimiento de la acidosis metabólica se realiza por medio de la toma de gases arteriales, sin embargo, es un método doloroso y riesgoso que puede asociarse a complicaciones que comprometen la integridad del sistema arterial, el cual debe permanecer en las mejores condiciones posibles para garantizar en un futuro la probabilidad de realizar fístulas arteriovenosas en pacientes que requieran inicio de terapia de reemplazo renal con hemodiálisis.

Así mismo, la punción asociada a la toma de gases arteriales se relaciona con vasoespasmo arterial, dolor, infección en el lugar de la punción, oclusión vascular por un hematoma local, embolia de aire o trombo, reacción anafiláctica a la anestésica local, lesión del nervio local, lesión por pinchazo de aguja al personal de atención médica, formación de pseudoaneurismas y laceración de vasos (21). Estos eventos comprometen la posibilidad de creación de fístulas arteriovenosas y la adherencia al seguimiento ácido básico por parte del paciente, razón por la cual se debe plantear un método menos invasivo para el monitoreo del equilibrio ácido básico en los pacientes con enfermedad renal crónica.

Conocer la correlación y concordancia de las pruebas de gases venosos y arteriales es importante porque permitirá disminuir los riesgos asociados a la punción, especialmente en una población como los pacientes con enfermedad renal crónica, en cuyo caso es necesario garantizar un sistema arterial en excelentes condiciones, ante la futura necesidad de requerir una fístula arteriovenosa para terapia dialítica.

Se ha demostrado que los pacientes con enfermedad renal crónica se encuentran en un estado crónico de acidosis metabólica desde estados muy tempranos de la enfermedad,

además de ser más propensos a complicaciones ose minerales, musculares, cardiovasculares y renales producto de un desequilibrio sostenido que en ultimas lleva al inicio temprano de terapia dialítica, situación que se ha relacionado con aumento de la morbilidad y mortalidad en la enfermedad renal crónica.

Es importante mencionar que el espectro de la acidosis metabólica en el paciente con ERC es amplio y está presente incluso con reporte de gases arteriales con niveles de pH y bicarbonato “normales” (Acidosis metabólica eubicarbonetémica) lo que hace necesario utilizar una prueba diferente a los gases arteriales, la cual se pueda aplicar en forma de seguimiento regular en miras a impactar las complicaciones secundarias a este proceso metabólico como sería el caso de los gases venosos.

Con la realización de este proyecto se pretende establecer una alternativa más accesible para la toma de muestras para análisis de los gases debido a que es menos invasiva, mantiene el sistema arterial libre de riesgo de lesión y brindaría mayor comodidad al paciente.

Por último, el hecho de encontrarse correlación entre estas pruebas diagnósticas permitiría hacer seguimiento ordenado del estado ácido básico lo cual podría contribuir a aminorar las complicaciones asociadas a este estado, aportando con ello a una mejor calidad y mayor expectativa de vida.

Por todo lo anotado, desde el punto de vista de nefrología, y teniendo en cuenta la revisión de antecedentes y la búsqueda de literatura, hasta el momento faltan estudios que avalen la correlación de los resultados de gases arteriales y venosos en pacientes con enfermedad renal crónica en aras de buscar un doble beneficio para los pacientes con esta patología. En primer lugar, en caso de encontrar esta correlación, se podría garantizar un seguimiento continuo y oportuno de la acidosis metabólica que permita obtener parámetros ácido-básicos de forma menos traumática y dolorosa, y en segundo lugar reducir el riesgo de complicaciones arteriales y garantizar un sistema arterial libre de lesiones en caso de necesitar a futuro una fístula arteriovenosa para iniciar un proceso de terapia de reemplazo renal con hemodiálisis.

## **1.1. OBJETIVOS**

### 1.1.1 Objetivo General

Determinar la correlación y concordancia entre los gases arteriales y venosos en pacientes con enfermedad renal crónica sin terapia dialítica.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Caracterizar la población en estudio según variables de interés demográfico y clínico.

Clasificar la población de estudio según el estadio de la enfermedad renal crónica.

Determinar el estado ácido base de los pacientes con enfermedad renal crónica no dialítica en base a toma de muestra en sangre arterial y venosa.

Determinar la correlación del estado ácido base en sangre arterial y venosa con el estadio de enfermedad renal crónica.

Establecer la correlación entre gases arteriales y venosos en pacientes con enfermedad renal crónica no dialítica y otras comorbilidades como diabetes tipo II, e hipertensión arterial.

Caracterizar la alteración del estado ácido base en pacientes con enfermedad renal crónica y la presencia de cambios importantes en el estado nutricional, y desorden óseo y mineral.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Diseño del estudio:

Se realizó un estudio descriptivo transversal, analítico, de correlación en pacientes atendidos en la consulta externa de nefrología de ciudad de Manizales, Colombia, en 2021-2022

### 2.2 Tipo de estudio:

Descriptivo de correlación entre variables cuantitativas.

### 2.3 POBLACIÓN

Pacientes adultos con antecedente de enfermedad renal crónica sin terapia dialítica evaluados en consulta externa de nefrología con los siguientes criterios:

### 2.4 Criterios de inclusión

Pacientes mayores de 18 años con enfermedad renal crónica.

Pacientes con tasa de filtración glomerular  $< 60$  mililitros \minuto calculado por formula MDRD

Pacientes con enfermedad renal crónica en estadio III y IV.

Pacientes diabéticos con Hb glicosilada  $< 8\%$

Pacientes con hipertensión arterial, con cifras tensionales  $< 140/90$

Antecedentes patológicos relacionados con enfermedad renal LES, nefrectomía, litiasis, hipoplasia renal, Sjögren, uropatía obstructiva entre otros.

laboratorios que incluyeran: creatinina, fósforo, calcio, potasio, glucosa en sangre, hemoglobina A1C, fosfatasa alcalina, TSH, albumina, PTH y 25 hidroxí-vitamina D.

Aceptación de consentimiento informado con verificación de laboratorios para no exceder una vigencia de 6 meses previos a la toma de las muestras de sangre

## 2.5 Criterios de exclusión

Enfermedad renal crónica en pacientes críticos o con reagudización de su falla renal.

Pacientes con Hepatopatía aguda o crónica.

Enfermedad vascular periférica severa. (previa evaluación con el test de Allen para determinar permeabilidad del arco arterial que conecta la arteria radial con la cubital)

Síndrome de Raynaud, trombocitopenia severa, sobre anticoagulación.

Epoc confirmado por espirometría o por concepto de historia clínica emitido por medicina interna o neumología

Cardiopatía isquémica documentada en historia clínica por medicina interna o cardiología

Falla cardiaca descompensada con fracción de eyección del ventrículo izquierdo normal o reducida documentada en historia clínica por medicina interna o cardiología.

Pacientes que residan en municipios, localidades, ciudades o área rural con una altura >3000 metros sobre el nivel del mar.

Pacientes con diarrea aguda o crónica, insuficiencia adrenal, fistula bilio-pancreática e intestinal.

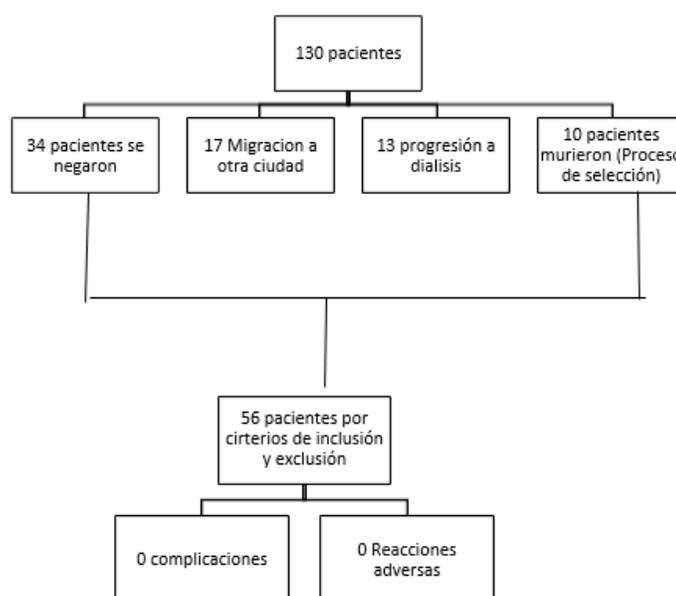
Pacientes con acidosis tubular renal, usuarios de teofilina, aminoglucósidos, etanol, ácido valproico e isoniacida a cualquier dosis en los últimos 7 días (tiempo promedio estimado calculado por el tiempo de eliminación y de vida media de los fármacos)

Usuarios de AINEs o consumo de bicarbonato de sodio a cualquier dosis en los últimos 7 días (tiempo promedio estimado calculado por el tiempo de eliminación y de vida media de los fármacos)

## 2.6 Muestra

El tipo de muestra es por conveniencia de los pacientes con enfermedad renal crónica que asisten a la consulta externa de nefrología del Hospital de Caldas.

Se realizó una preselección a conveniencia de 130 pacientes con enfermedad renal crónica clasificados con una TFG < 60 ml\ minuto por MDRD aplicándose los criterios de inclusión y exclusión, posteriormente se realizó una encuesta vía telefónica a cada paciente para el consentimiento de la toma de gases arteriales y venosos, de los cuales 34 se negaron, 17 se mudaron de la ciudad entre el momento de la preselección y las pruebas de laboratorio, 13 progresaron de estadio 4 a diálisis siendo excluidos y 10 pacientes murieron en el transcurso de la preselección y el día asignado para la toma de muestra, quedando así un total de 56 pacientes, distribuidos según estadio de ERC el 92.8% en estadio 3 y el 7.2% en estadio 4.



**Figura 1.** Diagrama de flujo selección de pacientes Fuente: Autoría propia

## 2.7 Variables.

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Valores finales</b>	<b>Tipo de variable</b>
Sexo	Registrado en historia clínica	Sexo según características fenotípicas	Masculino Femenino	Categórica nominal dicotómica
Edad	Registrado en historia clínica	Tiempo transcurrido desde la fecha de nacimiento	Años	Cuantitativa de razón discreta
Talla	Registrada en historia clínica	Altura medida desde los pies hasta el vértex en espiración	Valor en metros	Cuantitativa de razón continua
Peso	Registrada en historia clínica	Cantidad en kilogramos tomada por una báscula al momento de la valoración	Valor en kilogramos	Cuantitativa de razón continua
IMC	Registrada en historia clínica	Calculada por fórmula peso /talla al cuadrado	Kg/metros cuadrados	Cuantitativa de razón continua
TFG	Registrada en historia clínica	Medida en ml/minuto por fórmula de MDRD	Mililitros /minuto	Cuantitativa de razón continua
Estadio enfermedad renal crónica	Registrada en historia clínica	Clasificación de la enfermedad renal crónica según la TFG- MDRD	3A 3B 4	Cualitativa nominal politómica
pH arterial	Valor registrado en los gases arteriales	Número observado en los gases arteriales de 0-14	0 a 14	Cuantitativa de razón continua
pH venoso	Valor registrado en los gases venosos	Número observado en los gases venosos	0 a 14	Cuantitativa de razón continua
HCO <sub>3</sub> arterial	Valor registrado en los gases arteriales	Medida observada en gases arteriales	Miliequivalent es/litro	Cuantitativa de razón continua
HCO <sub>3</sub> venoso	Valor registrado	Medida observada en gases venoso	Miliequivalent es/litro	Cuantitativa de razón continua

	en los gases venosos			
Estado Acido base	Interpretación del pH y HCO <sub>3</sub>	Estado ácido básico	Equilibrio acido base, acidosis metabólica compensada, alcalosis respiratoria Trastorno mixto	Cualitativa nominal politómica
Hipertensión arterial	Registrada en historia clínica	Antecedente de hipertensión arterial	SI NO	Cualitativa nominal dicotómica
Diabetes mellitus	Registrada en historia clínica	Antecedente de diabetes mellitus	SI NO	Cualitativa nominal dicotómica
Hemoglobina	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la historia clínica (hc)	gr\dl	Cuantitativa de razón continua
Glucosa en ayunas	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la hc	Mg\dl	Cuantitativa de razón continua
Calcio	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la hc	Mg\dl	Cuantitativa de razón continua
Fósforo	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la hc	Mg\dl	Cuantitativa de razón continua
PTH	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la hc	Mg\dl	Cuantitativa de razón continua
Hiperparatiroidismo	Registrada en historia clínica	Interpretación Medida observada en reportes recientes de la hc	Si o no	Cualitativa nominal dicotómica
Potasio	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la hc	Mmo\L	Cuantitativa de razón continua

Vitamina D 25	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la hc	Ng/ml	Cuantitativa de razón continua
Estado de vitamina D 25 hidroxí	Interpretación de los valores de vitamina D	Nivel de vitamina D 25 hidroxí Normal (> 30 ng/ml) insuficiencia (< 30 y > 10 ng/ml)	Normal Insuficiencia	Cualitativa nominal dicotómica
Fosfatasa alcalina	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la hc	U/L	Cuantitativa de razón continua
Albúmina sérica	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la hc	Gr/L	Cuantitativa de razón continua
TSH	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la hc	mU/L	Cuantitativa de razón continua
PH urinario	Registrada en historia clínica	Medida observada en reportes recientes de la hc	0-14	Cuantitativa de razón continua
Otras comorbilidades	Registrada en historia clínica	Datos observados en la historia clínica	Autoinmunes, endocrinas, osteomusculares, otras	Cualitativa nominal dicotómica
Hipertensión + DM	Registrada en historia clínica	Antecedente de diabetes e Hipertensión arterial	SI NO	Cualitativa nominal dicotómica

## 2.8 RECOLECCION DE INFORMACIÓN

Se tomaron gases arteriales y venosos de forma simultánea con un tiempo entre 5 a 7 minutos entre ambas muestras con una diferencia máxima de 10 minutos. Se hizo verificación de suficiencia arterial con la prueba de Allen y se tomaron precauciones pertinentes con el fin de evitar complicaciones relacionadas con el procedimiento. Todas las muestras fueron analizadas en la misma sede y con los mismos equipos de laboratorio. No se registraron complicaciones en el procedimiento.

Los costos del procedimiento fueron financiados por la Asociación Colombiana de Nefrología. Posteriormente se procedió a tabular la información de cada una de las

variables incluidas construyéndose una base de datos principal en EXCEL y posteriormente exportada a SPSS 25.0 para su respectivo análisis.

## 2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis se ingresaron los datos completos y luego analizados utilizando IBM SPSS Statistics para Windows, versión 25.0 (IBM Corp, Armonk, NY), Real Statistics complementario de Excel y Epi info 7.2.5.0. Se calcularon medias y desviaciones para datos cuantitativos con distribución normal y medianas y rango intercuartílico para los datos de distribución no normal. Para establecer la correlación y la concordancia de ambas pruebas en primer lugar se calculó la diferencia media entre los métodos por medio del estadístico de Wilcoxon para muestras pareadas, se estableció la correlación de Spearman entre dichos valores. No se encontraron valores indeterminados o perdidos.

Se calcularon frecuencias y porcentajes para datos cualitativos con el fin de clasificar la población de estudio según el estadio de la enfermedad renal crónica, el antecedente de hipertensión arterial o diabetes y en combinación, además del estado ácido base.

En referencia a las variables cuantitativas se practicó la prueba de normalidad con la prueba de Kolmogorov Smirnov y con ello se dio el tratamiento pertinente a cada variable calculándose la media, desviación estándar, mediana y rango intercuartílico según fuera pertinente para cada caso.

Para determinar la correlación y la concordancia entre los gases arteriales y venosos se realizó un análisis de diferencia de promedios, nube de puntos, coeficiente de correlación de Spearman, coeficiente de correlación intraclase, y la aplicación del método de Bland altman.

## 2.10 ASPECTOS ÉTICOS

Se trata de un estudio de prueba diagnóstica catalogado con un riesgo mayor que el mínimo teniendo en cuenta que se realizará una punción arterial para la toma de gases arteriales a los pacientes que se vinculen al estudio. Todo esto clasificado desde el punto de vista ético teniendo en cuenta la resolución 8430. (REPÚBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE SALUD - 4 DE OCTUBRE DE 1993)

Se diligenció consentimiento informado, en el cual se dio a conocer todos los riesgos existentes con relación a la toma de muestras como sangrado, dolor, parestesias y equimosis, por lo cual el procedimiento se hará en un laboratorio calificado con personal idóneo para esta práctica y así reducir la probabilidad de eventos adversos alusivos a la técnica.

Los datos recopilados y la base que se conforme a partir de ellos fueron tratados con confidencialidad para respetar la privacidad de cada paciente durante el desarrollo del estudio; el estudio fue aprobado por comité de ética de la universidad de Caldas y la asociación colombiana de nefrología.

### 3. RESULTADOS

De una selección inicial de 130 pacientes se incluyeron 56 participantes, 53,57% mujeres, mediana de edad 66 años (RIC 55.5 – 73.5) y una media de IMC de 26,5 kg\mt<sup>2</sup> DE (3.62), 48,2 % en sobrepeso y 32,1 % en rango de normalidad.

Según el estadio de enfermedad renal crónica el 57,14% correspondió a 3A, el 35,7% en estadio 3B, (Kdigo 2012) y el 7,14 % estadio 4. En equilibrio ácido base se encontró el 85,7 %. El 12,5 % presentó acidosis metabólica compensada, (se empleó la ecuación de Winter para el cálculo de PaCO<sub>2</sub> esperada). 1,8 % presentaron alcalosis respiratoria y en el 1.8% restante se detectó trastorno mixto dado por acidosis metabólica y alcalosis respiratoria no compensada.

**Tabla 1. Características demográficas y clínicas**

Variable	n (56)	%
<b>Sexo</b>		
Masculino	26	46.43 %
Femenino	30	53.57%
Edad (Me y RIC) *	66	(55.5 – 75.5)
Peso (DE)	69.3	(14.3)
TFG (MDRD)	44.90	(10.32)
IMC (DE)	26.46	(3.62)
<b>Clasificación Nutricional</b>		
Normal	18	32.14%
Sobrepeso	27	48.21%
Obesidad I	10	17.86%
Obesidad II	1	1.79%
<b>Enfermedad renal crónica</b>		
Estadio 3A	32	57.1%
Estadio 3B	20	35.7%
Estadio 4	4	7.1%
<b>Estado Acido básico</b>		
Acidosis metabólica compensada	6	12.5 %
Acidosis metabólica + alcalosis respiratoria	1	1.79%
Alcalosis respiratoria	1	1.79%
Equilibrio acido base	48	85.7%
<b>Hiperparatiroidismo secundario</b>		
SI	21	37.50%
NO	35	62.50%
<b>Grado de 25 hidroxí vitamina D</b>		
Normal	25	44.64%
Insuficiencia	31	55.36%
<b>Comorbilidades HTA y/o Diabetes</b>		

HTA	28	50.0%
Diabetes tipo2	13	23.2%
HTA+ Diabetes tipo 2	5	8.93%
<b>Otras comorbilidades</b>		
LES	4	14.3%
Nefrectomía	3	10.7%
Hipotiroidismo	2	7.1%
PH arterial (Me, RIC) *	7.41	(7.38 - 7.43)
PH venoso (Me, RIC) *	7.35	(7.32 - 7.36)
HCO3 arterial (Me, RIC) *	21.9	(21.1-23.4)
HCO3 Venoso (Me, RIC) *	23.0	(22.1-24.8)
Hemoglobina (gr\dl) DE	13.9	(1.53)
Glicemia (Ayunas) (Me, RIC) *	90.50	(86.3- 103.8)
Potasio (Me, RIC) *	4.2	(3.8-4.4)
Calcio (Me, RIC) *	9.5	(9.1- 10.0)
Fósforo (Me, RIC) *	3.7	(3.1-4.1)
PTH (Me, RIC)	57.5	RIC (42 – 75.8)
25 hidroxí Vitamina D (Me, RIC) *	28.7	(21.4 – 35.1)
Fosfatasa alcalina (Me, RIC) *	91.0	(75-102.8)
Albúmina (Me, RIC) *	4.1	(3.9- 4.3)
TSH (Me, RIC) *	3.0	(2.4-3.4)
PH Urinario (Me, RIC) *	5.0	(5.0- 6.0)

Fuente: Autoría propia

\*Cálculo de mediana y rango intercuartílico (RIC)

Se encontró alteración en los niveles de 25 hidroxí Vitamina D en el 55,36% de los pacientes en rango de insuficiencia mostrando una mediana de 28,75 ng\ml (21.4 – 35.1), se tomó como rango en límite superior < 30 ng\dl y límite inferior >10 ng\dl, En la muestra no se documentó ningún paciente en rango de deficiencia de vitamina D (niveles < 10 ng\dl). Así mismo encontramos que el 37,50 % tenían hiperparatiroidismo secundario (PTH mayor a 65 pg./ml), aunque la mediana global fue de 56,3 (RIC 42-70) pg.\ml.

Un aspecto para mencionar dentro del estudio es la presencia de hipertensión arterial en el 50 % de los individuos, como principal comorbilidad en los pacientes con enfermedad renal crónica, situación que está descrita en la literatura, establecidas como una de las causas principales de esta entidad, al igual que la diabetes; sin embargo, es llamativo que solo el 8.93% de los pacientes tenían diabetes e hipertensión. Otras comorbilidades detectadas fueron LES 14.29% y nefrectomía en un 10.71 % secundaria a neoplasia renal.

Otras variables de laboratorio para tener en cuenta son la mediana de albúmina en 4.1 para un estado nutricional normal y con un pH urinario ácido de 5.0 lo que permite inferir una dieta rica en carnes y con bajo contenido de frutas y verduras lo cual predispone al aumento de cargas ácidas y el riesgo de acidosis metabólica crónica en pacientes con enfermedad renal crónica.

En lo referente a la ERC y el equilibrio ácido básico se encontró que en el estadio 3A, 31 pacientes se encontraban equilibrio con solo uno en acidosis metabólica compensada mientras que en el estadio 3B de un total de 20 pacientes, 15 de ellos estaba en estabilidad ácido básica con 4 de ellos en acidosis metabólica compensada. Teniendo en cuenta lo anterior se realizó la prueba de Chi cuadrado  $p = 0.003$  que revela diferencias significativas en el grado de ERC y el estado ácido básico. (Tabla 2).

		Equilibrio ácido básico	Acidosis metabólica compensada	Alcalosis respiratoria	Acidosis metabólica y alcalosis respiratoria	TOTAL
ESTADIO ERC	3A	31	1	0	0	32
	3B	15	4	0	1	20
	4	2	1	1	0	4
	TOTAL	48	6	1	1	56
p					0.01	
HIPERPARATIROIDISMO	SI	32	3	0	0	35
	NO	16	3	1	1	21
	TOTAL	48	6	1	1	56
p					0.252	
ESTADO DE VITAMINA D	NORMAL	25	1	0	0	26
	INSUFICIENCIA	23	5	1	1	30
	TOTAL	48	6	1	1	56
p					0.213	

**Tabla 2. Estado Acido Básico frente a ERC, PTH y Vitamina D. Autoría propia.**

Se realizaron cruce de variables entre equilibrio ácido básico e Hiperparatiroidismo (Tabla 2) en la cual se encontró que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos con una prueba de chi cuadrado de Pearson de 0.252.

Con el fin de establecer alguna diferencia entre el estado ácido base y el grado de vitamina D 25 hidroxí se realizó el análisis con la aplicación de la prueba de Chi cuadrado de Pearson (Tabla 2) donde tampoco encontraron diferencias entre estos grupos (Chi cuadrado  $p = 0.213$ ).

Se encontró una tasa de filtración glomerular calculada por MDRD de 44,09 ml\ min, una mediana de pH arterial de 7,41 (RIC: 7.38 – 7.43) y pH venoso de 7,35 (RIC:7.32 – 7.36) hallazgo que se explica por el ambiente ligeramente más ácido que se espera en la sangre venosa. Por su parte, la mediana de HCO<sub>3</sub> arterial fue de 21,9 (RIC: 21.15 – 23.35) y venoso de 23,1 (RIC: 22.10 – 24.75). (Tabla 1.)

Para el análisis de la correlación primero se realizó la comparación de medias mediante la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas (dado su carácter de no normalidad) tanto para el pH como para el HCO<sub>3</sub> (Tabla 3). Se encontraron diferencias en las medianas de estas dos variables, para pH mediana 0,05 (RIC: 0.03 – 0.07) y para el HCO<sub>3</sub> se encontró una mediana de -1,3 (RIC: -2.05– -0.8) con diferencias significativas, pero al evaluar los límites del rango de normalidad, revelan diferencias muy pequeñas que no son significativas desde el punto de clínico, dado que no repercute en el equilibrio ácido básico ni en el impacto de decisiones médicas, sin embargo con el fin de establecer un análisis más robusto se utilizaron otras herramientas estadísticas para establecer la correlación y la concordancia de ambas pruebas.

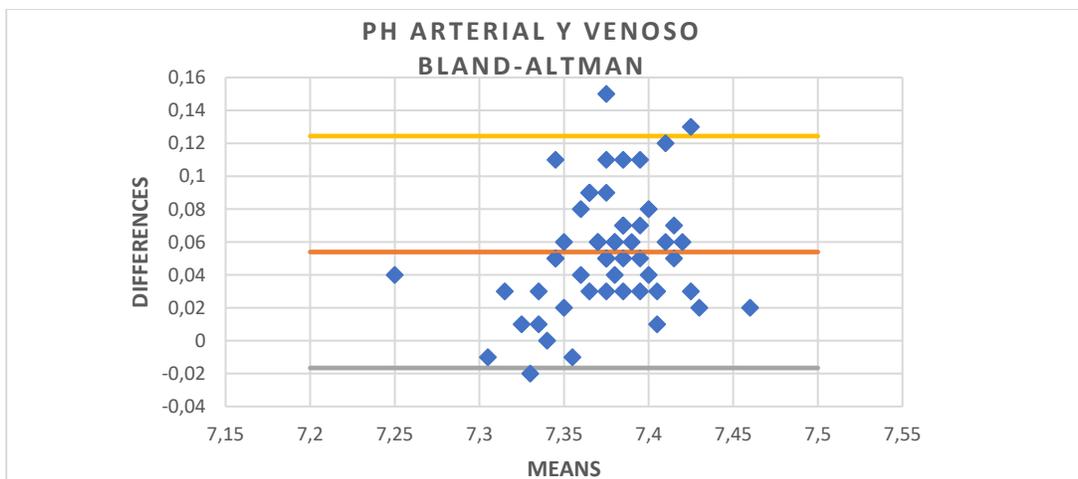
**Tabla 3. comparación de medias- prueba de Wilcoxon para muestras pareadas**

	Diferencia de medianas		p
	Diferencia	RIC	
PH Arterial y venoso	0.05	0.03-0.07	0.00
HCO <sub>3</sub> Arterial y venoso	-1.3	-2.05 - -0.8	

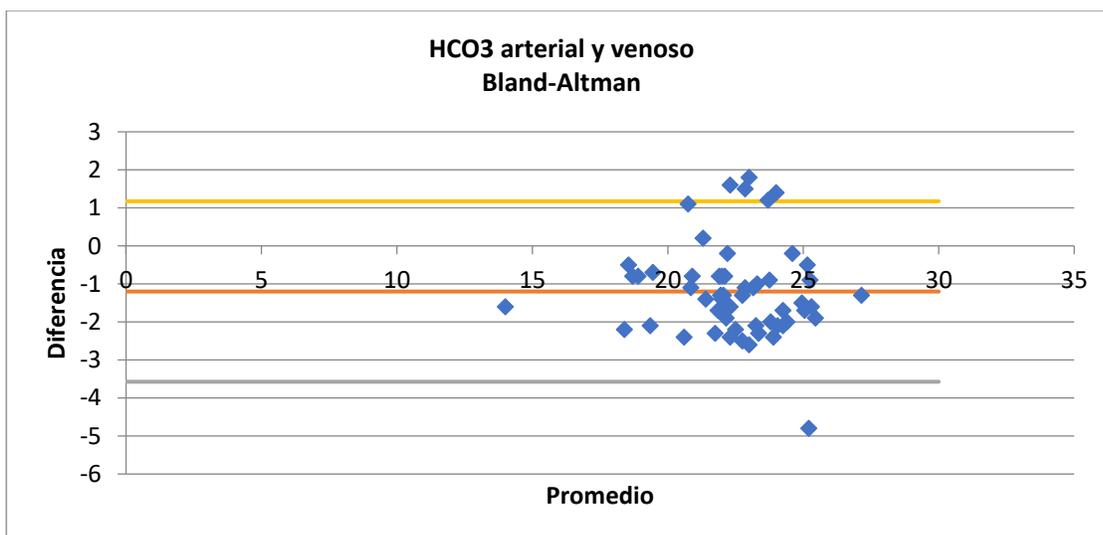
El paso siguiente fue establecer correlación y concordancia entre ambas pruebas para lo cual se realizó el respectivo Rho de Spearman para observar la tendencia en las variables de pH y HCO<sub>3</sub>. En el primer caso se encontró una rho de Spearman de 0.53 que establece correlación media para HCO<sub>3</sub> (poner el Spearman de pH)

Lo anterior muestra que para las variables de pH arterial y venoso en pacientes con enfermedad renal crónica no dialítica existe una correlación media y una correlación más fuerte por parte del HCO<sub>3</sub>.

Con el fin de valorar la concordancia entre mediciones de pH y HCO<sub>3</sub>, se aplicó el diagrama de Bland Altman el cual muestra una concordancia aceptable en las mediciones de PH y HCO<sub>3</sub>. (Figura 2. A y B)



(A)



(B)

**Figura 2. (A. Bland Alman- PH B. Bland Alman HCO3)**

Finalmente nos apoyamos en el coeficiente de correlación intraclass (CCI) encontrándose 0,74 para el PH y 0,77 para el HCO3. Al considerar el CCI y el método gráfico de Bland Altman, se puede establecer que existe una buena correlación y concordancia entre la prueba de gases arteriales y venosos en pacientes con enfermedad renal crónica no dialítica

#### 4. DISCUSIÓN

El análisis de los gases arteriales son el método estándar para la evaluación del estado ácido-base. Sin embargo, la punción arterial se asocia con más efectos secundarios y requiere una punción vascular adicional además de la punción venosa de rutina, lo cual expone a mayor riesgo de lesiones por pinchazo, dolor, y compromiso del sistema arterial en una eventual creación de fistula arteriovenosa en los enfermos renales crónicos.

Varios estudios han demostrado que la medición de gases venosos puede ser una buena alternativa, sin embargo, las investigaciones hasta ahora en este campo se han realizado en pacientes intubados, en UCI (14), cetoacidosis diabética, pacientes agudos en el servicio de urgencias y algunos pacientes con trauma (18,19,20). En el campo de la nefrología, específicamente en la ERC hasta el momento de la realización del presente trabajo sólo se conoce un estudio realizado en medio oriente (22) con 101 pacientes con enfermedad renal aguda y crónica en los cuales se encontró correlación entre las dos muestras, sin embargo a nivel metodológico solo estableció la correlación mediante el coeficiente de Pearson sin tener en cuenta la concordancia y sin mencionar la cantidad de pacientes catalogados como enfermedad renal aguda o crónica.

Este estudio es el primero en mostrar correlación y buena concordancia entre los gases arteriales y venosos en pacientes con enfermedad renal crónica sin terapia de reemplazo renal. Encontramos fortalezas como la caracterización de la población teniendo en cuenta variables de laboratorio relacionadas con la enfermedad renal como el perfil metabólico óseo, en donde se encontró insuficiencia de 25 hidroxilada de Vitamina D e hiperparatiroidismo secundario.

También se clasificaron las comorbilidades y se realizó estratificación de la enfermedad renal y el equilibrio ácido básico en el cual se encontraron diferencias significativas entre ambas situaciones clínicas, hecho que se puede considerar como aporte para futuros estudios.

En lo referente a la correlación y concordancia de ambas pruebas se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el PH y HCO<sub>3</sub> arterial y venoso, sin embargo, con diferencias mínimas que a la hora de extrapolarse a la aplicación clínica no

representan variación significativa en el equilibrio ácido base. Igualmente, al aplicar diferentes métodos para establecer la correlación y la concordancia como fue el coeficiente de correlación intraclase y el método gráfico de Bland Altman se encontró una muy buena correlación y concordancia entre ambas pruebas, situación que no se vio afectada por el número de la muestra toda vez que dicho método gráfico es una herramienta estadística robusta que entrega resultados fiables y que no se ven afectados por la no normalidad en la distribución de los datos.

Los resultados de esta investigación indican que la prueba de gases venosos es un método con buena correlación y concordancia para establecer el estado ácido básico en pacientes con enfermedad renal crónica no dialítica y que a su vez su aplicación clínica reduciría los efectos secundarios derivados de una muestra arterial, menos incomodidad y dolor para el paciente, además de permitir la toma de gases venosos en una sola punción.

Dentro de las limitaciones del presente estudio encontramos el número de la muestra, sin embargo, como ya se mencionó, el tratamiento metodológico que se empleó en el análisis permite entregar resultados robustos. Es de anotar que los gases arteriales y venosos fueron los únicos exámenes de laboratorio que se tomaron de forma simultánea, las demás variables se tomaron de resultados descritos en la historia clínica con fecha no mayor a 6 meses del momento de la toma de los gases.

Así mismo, es importante mencionar que, con el empleo de los gases venosos como método de seguimiento y control de la acidosis metabólica crónica en los pacientes con ERC, se podría disminuir el riesgo de complicaciones relacionadas con el equilibrio ácido base como son: enfermedad cardiovascular, trastornos óseos y minerales. Además, ayudaría a enlentecer el progreso de la ERC, lo que representa la menor necesidad de terapia de reemplazo renal en el futuro.

## Conclusiones

Según nuestros resultados, el pH y bicarbonato venosos se correlacionan y concuerdan con el pH y el bicarbonato arterial en la población de pacientes con enfermedad renal crónica no dialítica, siendo una alternativa llamativa para el seguimiento de la acidosis metabólica crónica, la disminución del riesgo de complicaciones derivadas del trastorno ácido básico, a la vez que brindaría mayor comodidad y menor riesgo de reacciones asociadas a la punción arterial.

## Contribución de cada autor

Todos los autores participaron en la selección de la población, la interpretación de los resultados, el análisis estadístico, la búsqueda de literatura, la elaboración de tablas y la discusión del artículo.

## Declaración de fuentes de financiación

Se declara que la toma de gases arteriales y venosos realizados a la población del presente estudio fue financiada por asociación colombiana de nefrología (ASOCOLNEF).

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con el presente trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Raphael KL. Metabolic Acidosis in CKD: Core Curriculum 2019. *Am J Kidney Dis* [Internet]. 2019;74(2):263–75. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.01.036>
2. Abramowitz MK. Metabolic acidosis and cardiovascular disease risk in CKD. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2018;13(10):1451–2.
3. Berend K, de Vries APJ, Gans ROB. Physiological Approach to Assessment of Acid–Base Disturbances. *N Engl J Med*. 2014;371(15):1434–45.
4. Goraya N, Wesson DE. Management of the Metabolic Acidosis of Chronic Kidney Disease. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2017;24(5):298–304.
5. Cases A, Cigarr S. Vegetable-Based Diets for Chronic Kidney Disease ? It. :1–26.
6. Siener R. Dietary treatment of metabolic acidosis in chronic kidney disease. *Nutrients*. 2018;10(4).
7. Hu J, Wang Y, Geng X, Chen R, Xu X, Zhang X, et al. Metabolic acidosis as a risk factor for the development of acute kidney injury and hospital mortality. *Exp Ther Med*. 2017;13(5):2362–74.
8. Wesson DE, Buysse JM, Bushinsky DA. Mechanisms of metabolic acidosis–induced kidney injury in chronic kidney disease. *J Am Soc Nephrol*. 2020;31(3):469–82.
9. 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;395(10225):709–33.
10. Kraut JA, Madias NE. Adverse Effects of the Metabolic Acidosis of Chronic Kidney Disease. 2017;289–97.
11. Rudkin SE, Anderson CL, Grogan TR, Elashoff DA, Treger RM. Assessing Acid–Base Status in Circulatory Failure: Relationship Between Arterial and Peripheral Venous Blood Gas Measurements in Hypovolemic Shock. *J Intensive Care Med*. 2020;35(5):511–8.
12. Mihai S, Codrici E, Popescu ID, Enciu A, Albulescu L, Necula LG, et al. Review Article Inflammation-Related Mechanisms in Chronic Kidney Disease Prediction ,

Progression , and Outcome. 2018;2018.

13. Adamczak M, Surma S. Metabolic Acidosis in Patients with CKD: Epidemiology, Pathogenesis, and Treatment. *Kidney Dis.* 2021;7(6):452–67.
14. Caravaca-Fontán F, Díaz-Campillejo R, Valladares J, López Arnaldo C, Barroso S, Luna E, et al. Acidosis metabólica en la enfermedad renal crónica: dificultades para una corrección adecuada. *Nefrología.* 2020;40(3):328–35.
15. Raphael KL, Kraut JA. Assessing Acid-Base Status in Patients With CKD: Does Measurement of Blood pH Matter? *Am J Kidney Dis* [Internet]. 2021;77(1):9–11. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2020.08.005>
16. Schütz N, Roth D, Schwameis M, Röggl M, Domanovits H. Can venous blood gas be used as an alternative to arterial blood gas in intubated patients at admission to the emergency department? A retrospective study. *Open Access Emerg Med.* 2019;11:305–12.
17. Bohloli HB, Nazarian S, Habibi M, Fallahnia M, Zare A. IRANIAN Prediction of Arterial Blood Gas Factors from Venous Blood Gas Factors in Intensive Care Unit Admitted Patients. 2018;21(June):246–50.
18. Ma OJ, Rush MD, Godfrey MM, Gaddis G. Arterial blood gas results rarely influence emergency physician management of patients with suspected diabetic ketoacidosis. *Acad Emerg Med.* 2003;10(8):836–41.
19. Brandenburg M, Dire DJ. Comparison of arterial and venous blood gas values in the initial emergency department evaluation of patients with diabetic ketoacidosis. *Ann Emerg Med.* 1998;31(4):459–65.
20. Zakrison T, Mcfarlan A, Wu YY, Keshet I, Nathens A. Venous and arterial base deficits: Do these agree in occult shock and in the elderly? A Bland-Altman analysis. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;74(3):936–9.
21. Herrington WG, Nye HJ, Hammersley MS, Watkinson PJ. Short Report : Treatment Are arterial and venous samples clinically equivalent for the estimation of pH , serum bicarbonate and potassium concentration in critically ill patients ? 2011;32–5.