

**CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES
CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD**

TESIS

***“RELACIÓN ENTRE VOLUMEN RENAL Y EXCRECIÓN
URINARIA DE MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS EN
NEONATOS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES”***

PRESENTA:

Emmanuel Salomón Macías Durón

**PARA OBTENER EL POSGRADO DE ESPECIALISTA EN
IMAGENOLÓGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA**

ASESORES:

**Dr. José Manuel Arreola Guerra
Dra. Elvia Patricia Soto Toledo
Dr. Carlos Andrés Villalobos Chávez**

Aguascalientes, Ags.

01 de Marzo de 2024

AUTORIZACIONES:



Dr. Felipe de Jesús Flores Parkman Sevilla
Jefatura del Departamento de Enseñanza e Investigación



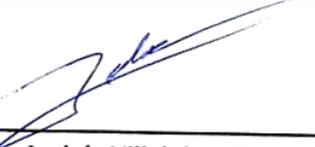
Dr. José Manuel Arreola Guerra
Presidente del Comité de Investigación
Asesor de Tesis



Dra. Elizabeth Ramírez Sandoval
Jefa del Departamento de Auxiliares Diagnósticos



Dra. Elvia Patricia Soto Toledo
Profesora Titular del Posgrado de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica
Asesora de Tesis



Dr. Carlos Andrés Villalobos Chávez
Médico Adscrito del Posgrado de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica
Asesor de Tesis.

COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

CEI-CI/134/23
Aguascalientes, Ags., a 27 de Noviembre de 2023

DR. EMMANUEL SALOMÓN MACÍAS DURÓN
INVESTIGADOR PRINCIPAL

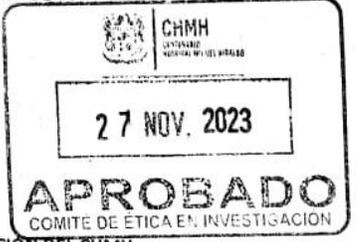
En cumplimiento con las Buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana vigente en materia de investigación clínica, el Comité de Ética en Investigación y el Comité de Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, en su Sesión del día 16 de Noviembre del presente año, sometió a revisión el protocolo con número de registro **2023-R-60** y decidió Aprobar el proyecto de investigación para llevar a cabo en este Hospital, titulado:

“RELACION ENTRE VOLUMEN RENAL Y EXCRECION URINARIA DE MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS EN NEONATOS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES”

Sin otro particular, se solicita a los investigadores entregar resumen de resultados obtenidos al finalizar la investigación. En caso de existir modificaciones al proyecto es necesario que sean reportadas al Comité

ATENTAMENTE

DR. JAIME ASÆEL LÓPEZ VALDEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
VOCAL SECRETARIO DEL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN



C.c.p.- DR. FELIPE DE JESUS FLORES PARKMAN S.- JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN DEL CHMH.

JALV/cmva*



449 9 94 67 20

www.issea.gob.mx

Av. Manuel Gómez Morín S/N
Fracc. Alameda, C.P. 20259





Fecha 24 de noviembre de 2023

DR. FELIPE DE JESÚS FLORES PARKMAN SEVILLA
Jefe del Departamento de Enseñanza e Investigación CHMH

PRESENTE

En respuesta a la petición hecha al médico residente *Emmanuel Salomón Macías Durón*, relacionado a presentar una carta de aceptación de su trabajo de tesis titulado:

“RELACIÓN ENTRE VOLUMEN RENAL Y EXCRECIÓN URINARIA DE MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS EN NEONATOS DE AGUASCALIENTES”

Me permito informarle que, una vez leído y corregido el documento, considero que llena los requisitos para ser aceptado e impreso como trabajo final.

Sin más por el momento aprovecho la oportunidad para hacerle llegar un cordial saludo.

ATENTAMENTE



DR. JOSÉ MANUEL ARREOLA GUERRA
ASESOR DE TESIS
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

c.c.p.- Coordinador de investigación CHMH
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado del Centro de Ciencias de la Salud, UAA
c.c.p.- Archivo



Fecha 24 de noviembre de 2023

DR. FELIPE DE JESÚS PARKMAN SEVILLA
Jefe del Departamento de Enseñanza e Investigación CHMH

PRESENTE

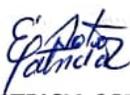
En respuesta a la petición hecha al médico residente **Emmanuel Salomón Macías Durón**, relacionado a presentar una carta de aceptación de su trabajo de tesis titulado:

“RELACIÓN ENTRE VOLUMEN RENAL Y EXCRECIÓN URINARIA DE MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS EN NEONATOS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES”

Me permito informarle que, una vez leído y corregido el documento, considero que llena los requisitos para ser aceptado e impreso como trabajo final.

Sin más por el momento aprovecho la oportunidad para hacerle llegar un cordial saludo.

ATENTAMENTE


DRA. ELVIA PATRICIA SOTO TOLEDO
ASESOR DE TESIS
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

c.cp.- Coordinador de Investigador CHMH
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado del Centro de Ciencias de la Salud. UAA
c.c.p.- Archivo



Fecha 24 de noviembre de 2023

DR. FELIPE DE JESÚS PARKMAN SEVILLA
Jefe del Departamento de Enseñanza e Investigación CHMH

PRESENTE

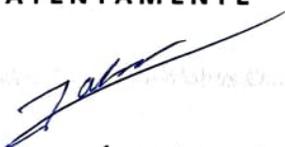
En respuesta a la petición hecha al médico residente **Emmanuel Salomón Macías Durón**, relacionado a presentar una carta de aceptación de su trabajo de tesis titulado:

“RELACIÓN ENTRE VOLUMEN RENAL Y EXCRECIÓN URINARIA DE MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS EN NEONATOS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES”

Me permito informarle que, una vez leído y corregido el documento, considero que llena los requisitos para ser aceptado e impreso como trabajo final.

Sin más por el momento aprovecho la oportunidad para hacerle llegar un cordial saludo.

ATENTAMENTE



DR. CARLOS ANDRÉS VILLALOBOS CHAVEZ
ASESOR DE TESIS
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

c.cp.- Coordinador de Investigador CHMH
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado del Centro de Ciencias de la Salud. UAA
c.c.p.- Archivo



Aguascalientes
Gente de trabajo y soluciones
El gigante de México



**CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL**

**DR. EN FARMACOLOGÍA SERGIO RAMÍREZ GONZALEZ
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD**

PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR** designado del estudiante **EMMANUEL SALOMON MACIAS DURON** con ID 310555 quien realizó la tesis titulada: **RELACIÓN ENTRE VOLUMEN RENAL Y EXCRECIÓN URINARIA DE MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS EN NEONATOS DE AGUASCALIENTES**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"**

Aguascalientes, Ags., a 24 de noviembre de 2023.


Dr. José Manuel Arreola Guerra
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado



Aguascalientes
Gente de trabajo y soluciones
El gigante de México
GOBIERNO DEL ESTADO 2022-2027



**CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL**

DR. EN FARMACOLOGIA SERGIO RAMÍREZ GONZALEZ
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR** designado del estudiante **EMMANUEL SALOMON MACIAS DURON** con ID 310555 quien realizó la tesis titulada: **RELACION ENTRE VOLUMEN RENAL Y EXCRECION URINARIA DE MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS EN NEONATOS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 24 de noviembre de 2023.

Dra. Elvia Patricia Soto Toledo
Tutor de tesis

DR. CAPSULA...
ASESOR DE TESIS
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-07
Actualización: 01
Emisión: 17/05/19



Aguascalientes
Gente de trabajo y soluciones
El gigante de México
GOBIERNO DEL ESTADO 2021-2023



**CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL**

DR. EN FARMACOLOGIA SERGIO RAMÍREZ GONZALEZ
DECANO (A) DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR** designado del estudiante **EMMANUEL SALOMON MACIAS DURON** con ID 310555 quien realizó la tesis titulada: **RELACION ENTRE VOLUMEN RENAL Y EXCRECION URINARIA DE MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS EN NEONATOS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 24 de noviembre de 2023.

Dr. Carlos Andrés Villalobos Chavez
Tutor de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-07
Actualización: 01
Emisión: 17/05/19



DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO - ESPECIALIDADES MÉDICAS



Fecha de dictaminación dd/mm/aa: 22/01/24

NOMBRE: MACIAS DURON EMMANUEL SALOMON ID 310555

ESPECIALIDAD: IMAGENOLOGIA DIAGNOSTICA Y TERAPEUTICA LGAC (del posgrado): EVALUACIÓN POR IMAGEN DE COMPLICACIONES VASCULARES Y NEUROLÓGICAS DE LAS ENFERMEDADES CRÓNICO-DEGENERATIVAS E INFECCIOSAS

TIPO DE TRABAJO: (X) Tesis () Trabajo práctico

TITULO: RELACIÓN ENTRE VOLUMEN RENAL Y EXCRECIÓN URINARIA DE MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS EN NEONATOS DE AGUASCALIENTES

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): FACTOR ETIOLÓGICO DE ERC EN NEONATOS

INDICAR SI/NO SEGÚN CORRESPONDA:

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:

- SI El trabajo es congruente con las LGAC de la especialidad médica
SI La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
NO Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
SI Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)

El egresado cumple con lo siguiente:

- SI Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, etc)
SI Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
SI Cuenta con la aprobación del (la) Jefe de Enseñanza y/o Hospital
SI Coincide con el título y objetivo registrado
SI Tiene el CVU del Conacyt actualizado
NA Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado

Si X
No

FIRMAS

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

MCB.E SILVIA PATRICIA GONZÁLEZ FLORES

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

DR. SERGIO RAMÍREZ GONZÁLEZ

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: ... Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

AGRADECIMIENTOS

Realizar una especialidad médica es un gran logro personal que requiere de muchos factores, sin duda, el factor humano es imprescindible.

Agradezco al Centenario Hospital Miguel Hidalgo que durante 3 años fue mi casa, me dio las herramientas y las condiciones para poder formarme como especialista; a la Universidad Autónoma de Aguascalientes que acredita el posgrado y presta atención a las necesidades de cada alumno.

A mis maestros los doctores con los que conviví y de los que aprendí mucho, ellos me enseñaron lo que viene en los libros, así como lo que sólo con la experiencia se puede adquirir; cada guardia nocturna y cada guardia de fin de semana siempre fue para mi un recordatorio de por que estaba en ese sitio y la respuesta es para poder ayudar a un paciente, siendo un pilar en su diagnóstico y con esto en su tratamiento.

Agradezco el apoyo de los que más quiero, a mi novia que siempre ha estado a mi lado desde que el camino iniciaba; a mis amigos que me ayudan a poner los pies en la tierra y que siempre tienen algo para enseñarme de la vida. A mis compañeros residentes que sin duda hicieron que este tiempo se pasara rápido, pues mejores compañeros no me pudieron haber tocado; saben que aquí tienen a un “bro” con el que siempre pueden contar.

Y que sería de mí sin mi familia, que me ha enseñado que la forma de alcanzar la meta es “echándole los kilos”, sacrificándose, trabajando en equipo y esforzándose por disfrutar el camino.

Por último, le doy las gracias a cada uno de los pacientes que, casi de manera anónima fueron el ingrediente más importante en la receta.

INDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPITULO I. MARCO TEORICO.....	8
EMBRIOLOGÍA.....	8
ANATOMÍA.....	9
FISIOLOGÍA.....	10
MINERALES ESENCIALES.....	10
MACROELEMENTOS.....	11
OLIGOELEMENTOS.....	11
EXCRECIÓN URINARIA.....	12
LIQUIDO AMNIÓTICO.....	13
EVALUACIÓN ECOGRÁFICA.....	14
CÁLCULO DEL VOLUMEN RENAL.....	16
HIPOPLASIA RENAL.....	16
ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA EN AGUASCALIENTES.....	18
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	20
JUSTIFICACIÓN.....	20
Magnitud e Impacto.....	20
Aplicabilidad.....	20
Factibilidad.....	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	21
OBJETIVOS.....	22
Principal.....	22
Secundario.....	22
HIPOTESIS.....	22
Hipótesis Nula.....	22
Hipótesis Alternativa.....	22
TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO.....	23

POBLACIÓN DE ESTUDIO	23
DISEÑO MUESTRAL Y PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO.....	23
CRITERIOS DE SELECCIÓN	23
Criterios de Inclusión	23
Criterios de Exclusión	23
Criterios de Eliminación	23
DESCRIPCIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	24
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	25
CAPÍTULO III. MATERIAL, PACIENTES Y MÉTODOS	25
CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL LUGAR Y POBLACIÓN DE ESTUDIO	25
RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	25
CONSIDERACIONES ÉTICAS	26
RECURSOS PARA EL ESTUDIO	26
Recursos Humanos	26
Recursos Materiales	27
Recursos financieros.....	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	28
CAPITULO V. DISCUSIÓN.....	32
CAPITULO VI. CONCLUSIÓN	35
GLOSARIO.....	36
REFERENCIAS	37
ANEXOS.....	41
ANEXO A. ENCUESTA Y REGISTRO DE DATOS.....	41
ANEXO B. CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO	42

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Desarrollo del metanefros o riñón permanente. 8
 Ilustración 2. Esquema de relaciones anatómicas de los riñones 9
 Ilustración 3. Vistas acústicas posibles para el examen ecográfico del riñón..... 14
 Ilustración 4. Riñón pediátrico normal. 15
 Ilustración 5. Determinación de diámetros renales..... 16
 Ilustración 6. Riñones bivalvos de un niño con hipoplasia simple bilateral..... 17
 Ilustración 7. Distribución por edad y sexo según las etiologías de ERC más frecuentes en el estado de Aguascalientes..... 19

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribución por sexo biológico de los neonatos evaluados. 28
 Gráfico 2. Valores de sodio en líquido amniótico según los percentiles. 30
 Gráfico 3. Valores de potasio en líquido amniótico según los percentiles. 30
 Gráfico 4. Valores de zinc en líquido amniótico según los percentiles. 31
 Gráfico 5. Valores de hierro en líquido amniótico según los percentiles..... 31
 Gráfico 6. Valores de magnesio en líquido amniótico según los percentiles. 31

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de tasa de filtrado glomerular según percentiles de volumen renal total. 28
 Tabla 2. Variables asociadas a riesgo de hipoplasia (percentil ≤ 5), en razón de momios..... 29
 Tabla 3. Variables antropométricas según los percentiles de volumen renal total. 29

RESUMEN

Antecedentes: En el estado de Aguascalientes existe alta prevalencia de enfermedad renal crónica de origen desconocido, afectando principalmente a adultos jóvenes. El entorno intrauterino es fundamental para la organogénesis, por lo que una nutrición materna subóptima y la exposición a ciertas sustancias pueden alterarlo.

Objetivo: Determinar en neonatos de Aguascalientes, la relación entre el volumen renal con los niveles de macroelementos y oligoelementos excretados en orina y acumulados en el líquido amniótico, así como con la tasa de filtrado glomerular y los factores antropométricos.

Métodos: Estudio observacional, transversal, descriptivo, comparativo y retrospectivo. Se estudiaron neonatos a término, hijos de pacientes del Hospital de la Mujer Aguascalientes que cursaron un embarazo normoevolutivo, nacidos entre febrero del 2022 y agosto del 2023. Se obtuvo líquido amniótico, así como muestras de orina y sangre en el cuarto día de vida.

Resultados: Se evaluaron 299 neonatos al cuarto día de nacimiento, 162 fueron hombres (54.2%) y 137 mujeres (45.8%). El promedio de volumen renal ajustado a superficie corporal derecho fue de 58.6 ml/m², mientras que el izquierdo de 56.4 ml/m². El promedio del volumen renal total fue de 115 ml/m². Se consideró hipoplasia (percentil 5) al volumen ≤ 73.8 ml/m², en estos se encontró menor tasa de filtrado glomerular. El sexo masculino presentó menor riesgo. El peso del neonato, la superficie corporal y la mayor ganancia de peso durante la gestación presentaron una asociación significativa con los percentiles menores.

Se analizó el líquido amniótico de los 299 participantes, evaluando 17 elementos, encontrando mayor cantidad de sodio, potasio, zinc y hierro en pacientes dentro del percentil 25 y 5. Se estudiaron 210 muestras de orina, ningún valor fue considerado como estadísticamente significativo.

Hubo mayor frecuencia de pacientes con menor volumen renal (percentil 10) en los meses del primer semestre.

Conclusiones: Se definió como un factor de riesgo para hipoplasia renal el sexo femenino, menor superficie corporal y una mayor ganancia de peso durante el embarazo. El menor volumen renal se asoció con mayor nivel de sodio, potasio, zinc, magnesio y hierro en líquido amniótico.

Palabras claves: Ultrasonido, volumen renal, oligoelementos, macroelementos, excreción urinaria.

ABSTRACT

Background: In state of Aguascalientes, Mexico, there is a high prevalence of chronic kidney disease of unknown origin; most of the population segment is young adults. The intrauterine environment is essential for fetal growth and organogenesis, so suboptimal maternal nutrition and exposure to certain substances can alter it.

Objective: To determine in neonates from the state of Aguascalientes, the relationship between kidney volume with the levels of macroelements and trace elements excreted in urine and accumulated in the amniotic fluid, as well as with the glomerular filtration rate and anthropometric factors.

Methods: Observational, cross-sectional, descriptive, comparative and retrospective study. Full-term neonates were studied, children of patients at the “Hospital de la Mujer, Aguascalientes”, who had a normal pregnancy, born between February 2022 and August 2023. A sample of amniotic fluid was obtained during delivery and urine and blood samples.

Results: 299 neonates were evaluated on the fourth day of birth, 162 were men (54.2%) and 137 were women (45.8%). The average kidney volume adjusted to right body surface area was 58.6 ml/m², while the left one was 56.4 ml/m². The average total renal volume was 115 ml/m². Hypoplasia (5th percentile) was demonstrated at a volume ≤ 73.8 ml/m². In patients with renal hypoplasia, a lower glomerular filtration rate determined by creatinine and cystatin c was found. The male sex presented a lower risk. Neonate weight, body surface area and greater weight gain during pregnancy presented a statistically significant association with the lower percentiles.

The amniotic fluid of the 299 participants was analyzed, evaluating 17 elements, finding a greater amount of sodium, potassium, zinc and iron in patients within the 25th and 5th percentile. 210 urine samples were studied, no value was considered statistically significant.

There was a greater frequency of patients with lower kidney volume (10th percentile) in the months of the first semester.

Conclusions: Female sex, smaller body surface area and greater weight gain during pregnancy were defined as a risk factor for renal hypoplasia. Lower kidney volume was associated with higher levels of sodium, potassium, zinc, magnesium and iron in amniotic fluid.

Key words: Ultrasound, kidney volume, trace elements, macroelements, urinary excretion.

INTRODUCCIÓN

Globalmente en las últimas décadas el diagnóstico de ERC se ha incrementado, principalmente debido al aumento de la prevalencia de enfermedades metabólicas como obesidad, hipertensión arterial sistémica y diabetes mellitus tipo 2, pues se reconoce a la nefropatía como una complicación crónica de estas.

México se encuentra entre los países con mayor incidencia y prevalencia de ERC; considerando esta patología como complicación de enfermedades crónicas metabólicas como la DM2, que actualmente afecta a 12.8 millones de pacientes con una prevalencia de 13.5 % (una de las más altas a nivel mundial), podríamos inferir que la mayoría de los casos estén relacionados a esta enfermedad. A diferencia, en el estado de Aguascalientes existe alta prevalencia de enfermedad renal crónica en adultos jóvenes donde el diagnóstico clínico principal es la ERC de origen desconocido e histopatológicamente glomeruloesclerosis focal y segmentaria, que difiere con la prevalencia de la ERC asociada a enfermedad metabólica¹.

El entorno intrauterino es fundamental para el crecimiento fetal y el desarrollo de órganos. La evidencia de modelos animales indica que el riñón en desarrollo es vulnerable a una nutrición materna subóptima².

Los minerales representan aproximadamente el 4% a 5% del peso corporal. Se consideran siete macrominerales esenciales: calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro y azufre; así como 11 oligoelementos establecidos, hierro, zinc, yodo, selenio, manganeso, fluoruro, molibdeno, cobre, cromo, cobalto y boro. Los oligoelementos aparecen en cantidades muy pequeñas en los tejidos corporales y son esenciales para el crecimiento, la salud y el desarrollo óptimos del ser humano; estos actúan principalmente en los sistemas enzimático. Aunque existen algunos oligoelementos que se han relacionado con efectos tóxicos en el organismo³. La excreción urinaria depende

del elemento estudiado, en la mayoría de los casos puede utilizarse como índice de su ingesta por ejemplo calcio, magnesio, fósforo, selenio y molibdeno urinarios, al igual que el sodio y el potasio⁴; algunos elementos pueden ser excretados de manera anormal en ciertas patologías, por ejemplo, el zinc tras la inanición y en pacientes con nefrosis, diabetes mellitus, alcoholismo, cirrosis hepática y porfiria³.

Según una revisión sistemática por Yuqui Lee y colaboradores observaron que la deficiencia de folato materno, vitamina A y energía total durante el embarazo se asociaron con impactos perjudiciales en la estructura y función renal, medida por el volumen renal, proteinuria y aclaramiento medio de creatinina en la descendencia².

Se pretende evaluar ecográficamente el volumen renal de neonatos de madres que cursaron un embarazo de bajo riesgo y determinar si existe relación con la excreción de macroelementos y oligoelementos en orina, evaluando también el líquido amniótico.

CAPITULO I. MARCO TEORICO

EMBRIOLOGÍA

Durante el desarrollo embrionario, se forman tres sistemas renales: pronefros, mesonefros y metanefros.

El pronefros se desarrolla al inicio de la 4a semana de gestación. Los primeros órganos mesonéfricos integrados por el conducto mesonéfrico de Wolf y los túbulos mesonéfricos, desempeñan su función como riñones provisionales por alrededor de 4 semanas.

El mesonefros degenera al final de la semana 12 de gestación. La yema ureteral se forma a partir del conducto mesonéfrico y penetra en el blastema metanéfrico para así dar lugar al metanefros, el cual comienza su desarrollo a partir de la quinta semana de gestación y terminará formando el riñón definitivo. La yema ureteral dará origen al sistema colector, mientras el blastema metanéfrico dará origen a la nefrona (Ilustración 1)⁵.

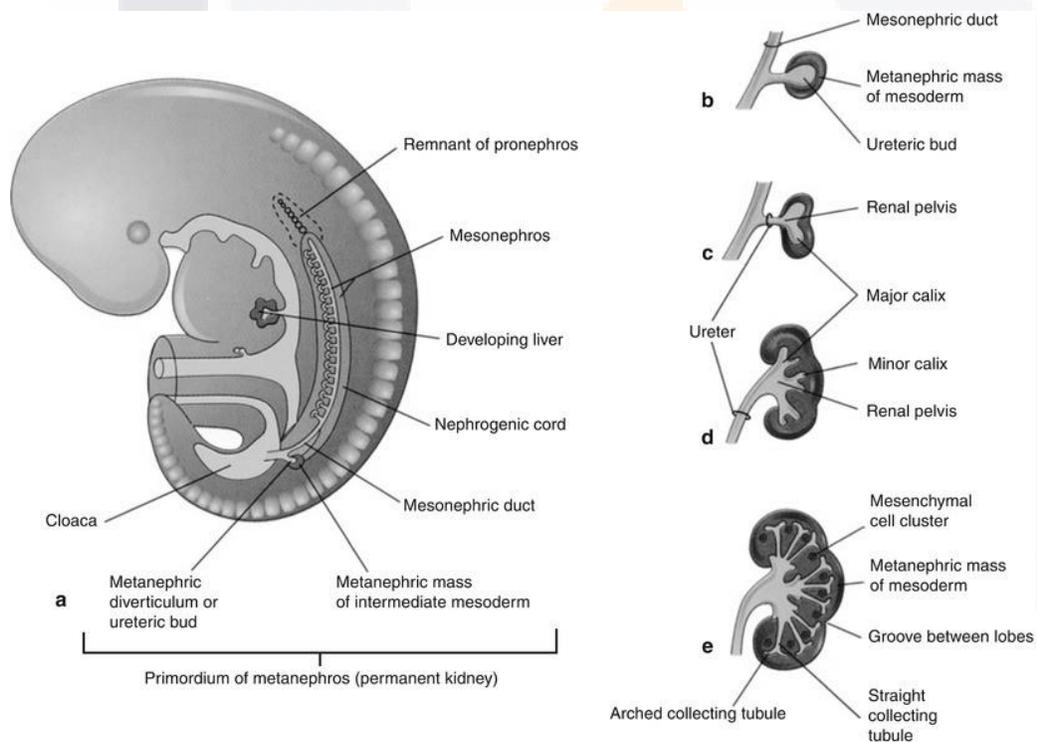


Ilustración 1. Desarrollo del metanefros o riñón permanente. (a Embrión de 5 semanas de gestación. (b – e) Etapas sucesivas del desarrollo. *Zweyer, M. (2014). Imágenes radiológicas del riñón.*

ANATOMÍA

Los riñones se encuentran en el retroperitoneo dentro del espacio perirrenal rodeado por la fascia de Gerota. La grasa pararenal se encuentra rodeando la fascia renal.

Los riñones generalmente se encuentran en los niveles T12-L3, con el riñón izquierdo generalmente ligeramente más cefálico que el derecho (debido al hígado).

Ambos riñones se encuentran sobre el músculo cuadrado lumbar y lateralmente al músculo psoas. Los componentes principales del parénquima renal son la corteza renal, las columnas y la médula renal, divididas en múltiples pirámides (Ilustración 2). En el adulto promedio cada riñón mide aproximadamente entre 9 y 13 cm de largo y 5 cm de ancho⁶. Según el estudio de Korkmaz (2018) en Turquía, evaluó a neonatos la longitud del riñón derecho fue de 45.01 ± 4.83 (mm) con un grosor de 21.20 ± 3.20 (mm); la longitud del riñón izquierdo fue de 45.17 ± 5.82 (mm) con un grosor de 21.34 ± 2.86 (mm)⁷.

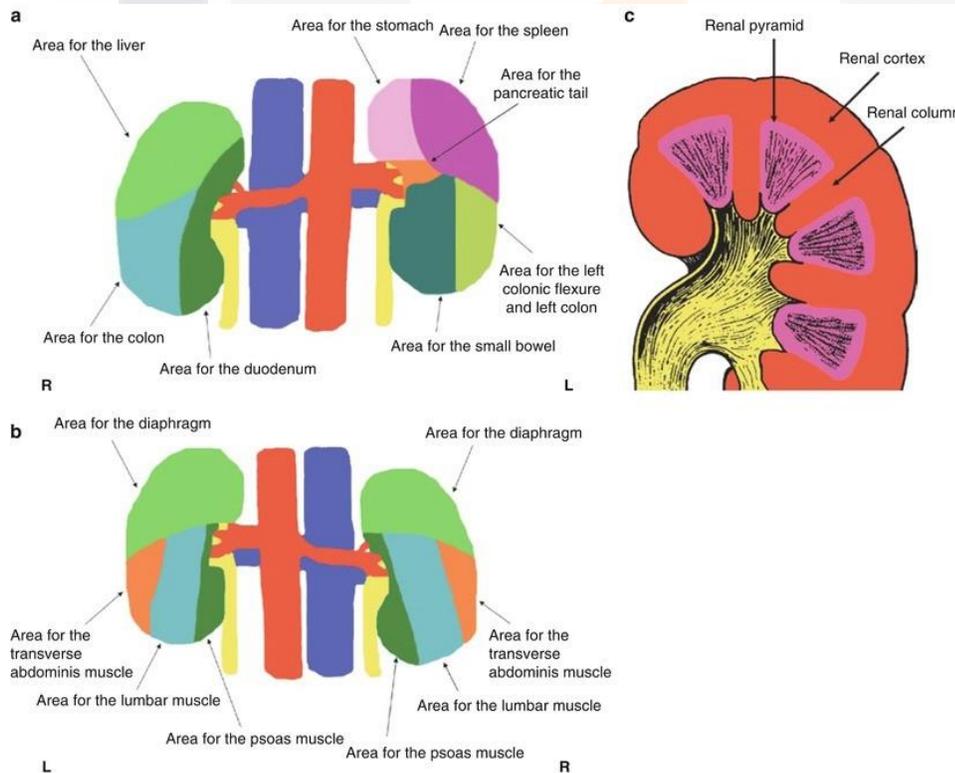


Ilustración 2. (a y b) Esquema de relaciones anatómicas anteriores y posteriores de los riñones: R derecha, L izquierda. (c) Esquema del parénquima renal y sus componentes. Zweyer, M. (2014). *Imágenes radiológicas del riñón*.

FISIOLOGÍA

Los riñones son órganos muy vascularizados. Cada riñón recibe el mayor flujo sanguíneo por gramo de peso de órgano del cuerpo (1,2 L/min correspondiente al 20 % del gasto cardíaco y un valor de perfusión de 400 ml/min/100 g).

El sistema en su conjunto filtra alrededor de 200 litros de líquido cada día, lo que permite la excreción de toxinas, productos de desecho metabólicos y exceso de iones mientras se mantiene la sangre los componentes necesarios. Al ajustar la concentración de agua, solutos y electrolitos en la sangre, el riñón controla la osmolaridad plasmática. Genera eritropoyetina, que aumenta la creación de glóbulos rojos y asegura el equilibrio ácido-base a largo plazo. Además, genera renina para controlar la presión arterial. Otra de sus funciones es transforma la vitamina D en su forma activa $1\alpha,25$ -dihidroxitamina D⁸.

El indicador más utilizado de la función renal es la tasa de filtración glomerular (TFG), que puede estimarse según diferentes fórmulas. En imagenología el cálculo del FG es fundamental para una correcta utilización de los agentes de contraste intravenosos. Las ecuaciones más utilizadas es la fórmula de Cockcroft-Gault y MDRD.

MINERALES ESENCIALES

Los nutrientes minerales se dividen tradicionalmente en macroelementos (se necesitan más de 100 mg/día) y oligoelementos (se requieren menos de 15 mg/día). Se reconocen además ultraoligoelementos (arsénico, aluminio, estaño, níquel, vanadio y silicio), que son necesarios en cantidades diarias de microgramos. Se reconoce que los minerales son esenciales para los procesos fisiológicos, aun cuando no se tenga claro las necesidades específicas para algunos de ellos.

MACROELEMENTOS

Los macrominerales, calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro y azufre, aparecen en el cuerpo y en los alimentos principalmente en estado iónico. El sodio, el potasio y el calcio forman cationes, mientras que otros minerales aparecen en forma de aniones, por ejemplo, el cloro, azufre y fósforo. Los minerales también aparecen como parte de compuestos orgánicos como fosfolípidos, metaloenzimas o metaloproteínas como la hemoglobina, entre otros.

Con la excepción del hierro, los minerales se absorben en estado iónico. Por tanto, no se absorben los minerales quelados (solo los unidos a aminoácidos en un enlace covalente, como la selenometionina) ni los que se mantienen en forma de complejos inorgánicos después de la digestión. Los minerales que no se absorben son excretados por las heces.

Luego de que son absorbidos en el borde en cepillo de las células intestinales, se debe transferir a través del citosol y se debe transportar a través de la membrana basolateral hasta la sangre, habitualmente a través de un mecanismo de transporte activo³.

OLIGOELEMENTOS

Los microminerales hierro, zinc, yodo, selenio, manganeso, fluoruro, molibdeno, cobre, cromo, cobalto y boro, aparecen en cantidades muy pequeñas en los tejidos corporales, pero son esenciales para el crecimiento, la salud y el desarrollo óptimos del ser humano. Su deficiencia o exceso puede provocar disfunción grave y en casos extremos incluso la muerte⁹.

Muchas enzimas necesitan cantidades pequeñas de uno o más microminerales para su actividad completa. Los metales actúan en los sistemas enzimáticos: participando

directamente en la reacción catalizada, combinándose con sustratos para formar complejos sobre los que actúan las enzimas, formando metaloenzimas que se unen a los sustratos, combinándose con los productos finales de la reacción, o manteniendo las estructuras cuaternarias³.

Existen algunos minerales, que si bien no se consideran elementos esenciales se ingieren ya sea por tratamiento o por la exposición a un entorno contaminado, relacionándose con efectos tóxicos en el organismo, por ejemplo, se sabe que la terapia a largo plazo con dosis altas de litio en el trastorno bipolar afecta negativamente la función renal¹⁰.

EXCRECIÓN URINARIA

Se ha investigado la excreción en orina de algunas sustancias como biomarcador para evaluar la ingesta; como ejemplo el nitrógeno urinario como marcador de la ingesta de proteínas, la glucosa en el caso de la ingesta de carbohidratos y la tiamina urinaria de la ingesta de tiamina. En el caso de los minerales se han estudiado el potasio, el yodo, el sodio, el fósforo, el calcio, el magnesio, el selenio y el molibdeno urinario, coincidiendo que son buenos índices de la ingesta dietética diaria.

Algunos estudios muestran que el hierro, zinc, cobre, selenio, manganeso y molibdeno presentan una tasa de excreción urinaria muy baja y al parecer independiente a la ingesta, por lo que es más complejo evaluarlos en orina⁴.

Como se mencionó previamente, algunos elementos pueden ser excretados de manera anormal en ciertas patologías, por ejemplo, el zinc tras la inanición y en pacientes con nefrosis, diabetes mellitus, alcoholismo, cirrosis hepática y porfiria³.

Se debe considerar además el consumo de medicamentos como otro factor, por ejemplo,

los diuréticos de asa aumentan la excreción urinaria de calcio, magnesio y tiamina; en cuanto a las tiazidas elevan la excreción urinaria de zinc y vitamina B9. Así como otros alteran la absorción, condicionando un cambio en la excreción, por ejemplo, los inhibidores de la bomba de protones reducen la absorción de vitamina B12, calcio, magnesio, hierro y zinc¹¹.

LIQUIDO AMNIÓTICO

El líquido amniótico está en constante estado dinámico y está vinculado fuertemente a la fisiología del feto y la madre. Este fluido se considera un indicador esencial del bienestar del producto. La cantidad varía durante el embarazo, con un aumento gradual hasta las 20 semanas de gestación, alcanzando un pico máximo a las 34 semanas.

Las dos fuentes principales de producción, la diuresis fetal y las secreciones pulmonares, se oponen a las dos vías principales de reabsorción, la absorción intramembranosa a través de la superficie placentaria y la deglución fetal.

La diuresis fetal a término parece acercarse a 1 litro por día. La regulación de la diuresis en el feto del tercer trimestre depende de varias hormonas, principalmente la aldosterona, la vasopresina y las prostaglandinas. Las secreciones pulmonares se producen desde la semana 18 de amenorrea. La cantidad inicial aumenta progresivamente hasta alcanzar los 200 a 300 mililitros diarios al final del embarazo¹².

Se puede inferir que la composición del líquido amniótico refleja la composición del plasma fetal. Por lo tanto, la constitución del líquido amniótico puede estar condicionado por la nutrición de la madre, así como por la exposición a sustancias tóxicas. Se considera entonces al líquido amniótico como un marcador valioso del estado mineral prenatal y así como de la exposición a tóxicos¹³.

EVALUACIÓN ECOGRÁFICA

Para la evaluación sonográfica se utilizan transductores convexos de frecuencia entre 2 a 5 MHz en adultos y de 5 a 8 MHz en pacientes pediátricos. Idealmente el riñón se examina con el paciente en decúbito supino con ambas extremidades superiores elevadas por encima de la cabeza. La técnica de apnea es frecuentemente necesaria para obtener un examen completo del parénquima renal en los adultos.

Existen diferentes ventanas acústicas para la exploración renal, incluidas las vistas anterior, lateral y posterior adquiriendo imágenes en plano longitudinal y transversal. En el lado derecho se suele utilizar la ventana hepática. La visión acústica posterior suele emplearse en pacientes pediátricos (Ilustración 3)¹⁴.

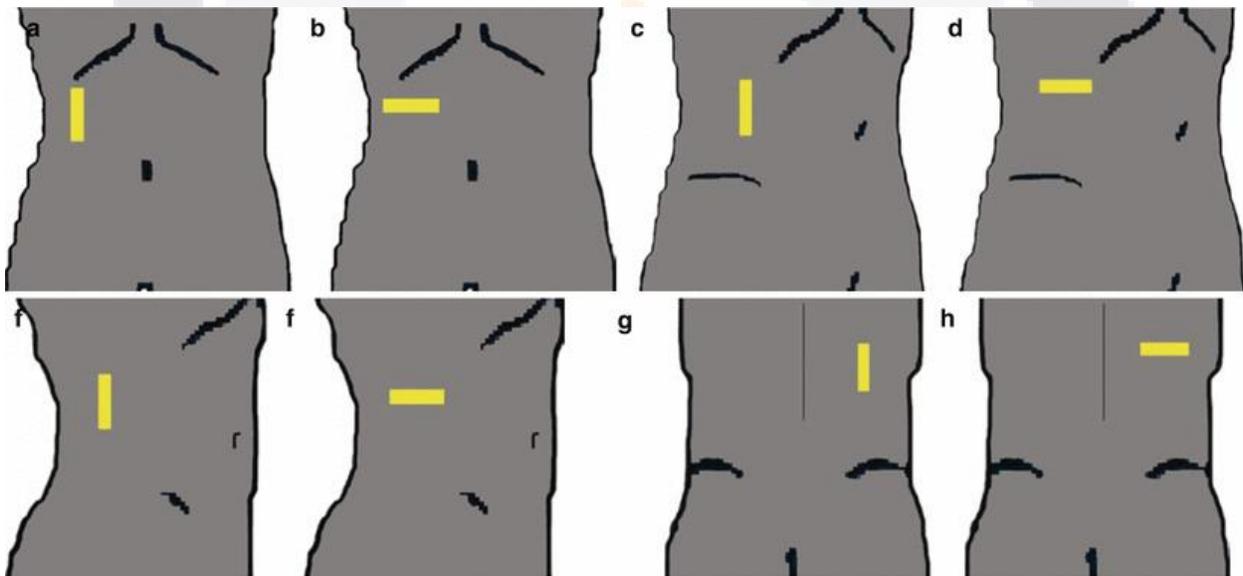


Ilustración 3. Los esquemas representan las diferentes vistas acústicas posibles para el examen ecográfico del riñón. a y b) ventana acústica anterior. c,d,e y f) ventana lateral. g y h) ventana posterior. *Zweyer, M. (2014). Imágenes radiológicas del riñón.*

En la población pediátrica, el tamaño renal es un parámetro importante que se utiliza para la evaluación clínica, valoración del crecimiento renal y presencia de anomalías renales, incluyendo atrofia, hipoplasia e hipertrofia, por lo que tener una referencia

confiable para el tamaño renal es valioso. El ultrasonido se considera el método de elección para su valoración en este grupo poblacional, debido a que no expone a los pacientes a radiación y por sus costos accesibles¹⁵.

El riñón del recién nacido puede mostrar varias características que no deben considerarse como anormales. La morfología puede presentar lobulaciones fetales, que en algunos individuos permanecen hasta la adultez. En recién nacidos y niños de hasta seis meses de edad, la corteza es más ecogénica que el hígado y el bazo, contrastando con las pirámides marcadamente hipoeoicas, lo que tiende a confundirse con dilatación de los cálices (Ilustración 4)¹⁶.

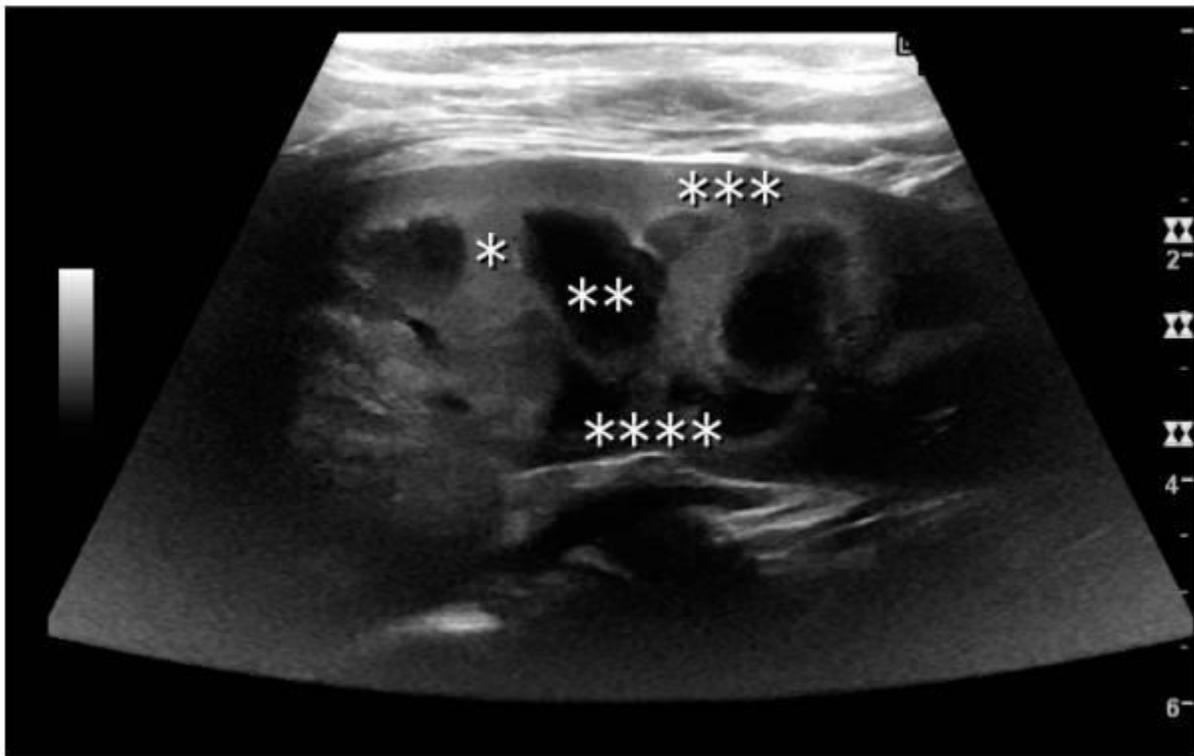


Ilustración 4. Riñón pediátrico normal. *) Columna de Bertín; **) pirámide; ***) corteza; ****) seno renal. Hansen, K. L (2015). *Ultrasonografía del Riñón: una revisión pictórica*.

CÁLCULO DEL VOLUMEN RENAL

El valor longitudinal se obtuvo midiendo la distancia máxima entre ambos polos renales, sin considerar otras estructuras, como las suprarrenales. El ancho y el espesor se miden en una sección perpendicular al eje longitudinal ya evaluado. El corte transversal debe localizarse a nivel del hilio vascular del riñón, tratando de identificar la pelvis renal (Ilustración 5). El volumen renal se calcula con la siguiente formula: (eje longitudinal) x (eje anteroposterior) x (eje transverso) x (0,523)¹⁷.

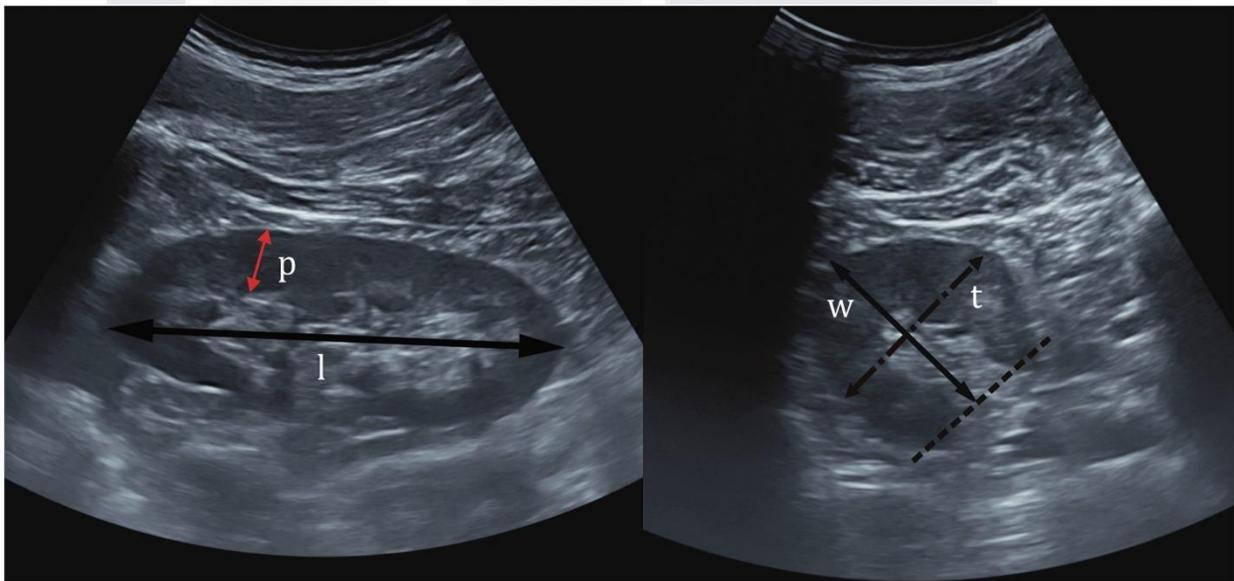


Ilustración 5. Determinación de diámetros renales. l) eje longitudinal; p) espesor parenquimatoso; w) eje transverso; t) eje anteroposterior. Braconnier, P. (2019). *¿Qué tan confiable es la ecografía renal para medir la longitud y el volumen renal en pacientes con enfermedad renal crónica en comparación con la resonancia magnética?*

HIPOPLASIA RENAL

Se define como una reducción marcada del volumen renal, debido a una ramificación inadecuada de los conductos colectores. Se reconocen 3 tipos, la hipoplasia simple, hipoplasia oligomeganefrónica (oligomeganefronia) e hipoplasia segmentaria (Ilustración 6). Todas comparten una reducción de la cantidad de lóbulos renales. Se ha descrito

además la hipoplasia cortical, que muestra una reducción en el número de generaciones de nefronas, sin alteración en la nefrogénesis.

Últimamente se le ha dado más importancia a la hipoplasia leve, también conocida como oligonefronia, por su asociación con mayor riesgo de hipertensión arterial y ERC ¹⁸.

Los factores maternos incluyen el tabaquismo, hiperglucemia gestacional, deficiencias nutricionales, consumo de drogas, etilismo y algunas infecciones crónicas. Se reconocen algunos factores genéticos, como un alelo común de PAX2¹⁴.

Se ha comprobado que las madres con bajo peso o deficiencia de hierro durante la gestación presentan mayor riesgo de tener un producto con bajo peso al nacer. Los niveles de vitamina A se correlacionan con el volumen renal en la descendencia. La suplementación de hierro, micronutrientes y minerales como el calcio, zinc y yodo en gestantes se ha asociado con menor probabilidad de parto prematuro y bajo peso al nacer y por lo tanto, puede tener un impacto positivo en el desarrollo renal.

Se ha comprobado que el número de nefronas se correlaciona con el peso del riñón, por lo que el volumen renal puede ser utilizado como marcador para sospechar de oligonefronia, aunque esta relación puede verse confundida por la hipertrofia renal¹⁹.



Ilustración 6. Riñones bivalvos de un niño con hipoplasia simple bilateral. Tienen un tamaño notablemente reducido y sólo tienen de 3 a 4 y de 5 a 6 lóbulos renales, respectivamente. *Bonsib, S. (2020). Hipoplasia renal, de extremadamente insuficiente a insuficiente: consideración de conceptos ampliados basados en la perspectiva del autor con revisión histórica. Avances en Patología Anatómica.*

ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA EN AGUASCALIENTES

La enfermedad renal crónica (ERC) puede definirse como la pérdida progresiva e irreversible de la función renal; la etiología es de origen multifactorial, siendo las principales causas la diabetes mellitus tipo 2 y la hipertensión arterial sistémica. El sobrepeso, la obesidad y las cardiopatías también juegan un papel importante.

México, como uno de los países con mayor prevalencia de enfermedades metabólicas crónicas, ha experimentado un aumento en el número de personas con ERC, lo que constituye un gran reto para la Salud Pública ya que constituye gastos excesivos para el sistema de salud.

De acuerdo con el INEGI, en el año 2021, la ERC se encontró en el lugar 11 en mortalidad en el país, pero el impacto va más allá, existen factores igualmente importantes como los años de vida perdidos y los años vividos con discapacidad. Estos tienen mayor impacto en la Salud Pública que la defunción o la patología por sí sola¹.

A diferencia del comportamiento a nivel mundial en el estado de Aguascalientes se observan una distribución bimodal, con un pico que afecta a los adultos jóvenes de 20 a 30 años y otro pico entre los 50-60 años. El comportamiento de la ERC en los pacientes mayores puede explicarse como la complicación de las enfermedades metabólicas crónicas, en cambio los adultos jóvenes muestran una nefropatía catalogada como “No Conocida” siendo responsable de hasta el 70 % de los casos entre los 20 y 40 años. El diagnóstico histopatológico más frecuente fue glomeruloesclerosis focal y segmentaria (Ilustración 7)^{20,21}.

Se ha tratado de encontrar factores etiológicos que expliquen la ERC de origen desconocido, posibles interacciones y sinergias como factores genéticos, exposición a metales pesados y/o pesticidas, así como deficiencias nutricionales que alteren la neurogénesis. Por ejemplo, existen reportes de fuentes de agua con fluoruro puede

acumularse en los huesos y causar enfermedad renal años después, y la exposición materna al exceso de fluoruro puede causar enfermedad renal en la descendencia ²⁰.

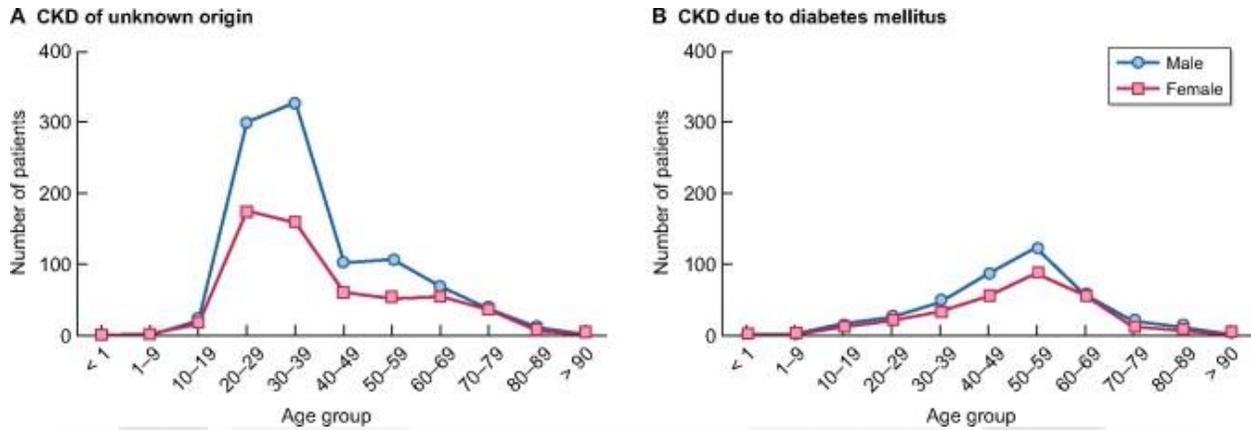


Ilustración 7. Distribución por edad y sexo según las etiologías de ERC más frecuentes en el estado de Aguascalientes. *Gutiérrez-Peña, M. (2021). Alta prevalencia de enfermedad renal terminal de origen desconocido en Aguascalientes México: Papel del Registro de Enfermedad Renal Crónica y la Biopsia Renal en su abordaje y direcciones futuras.*

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

JUSTIFICACIÓN

Magnitud e Impacto

Aguascalientes representa una de las entidades con mayor incidencia y prevalencia de ERC terminal en tratamiento sustitutivo a nivel mundial, con pico de incidencia en adultos jóvenes. El diagnóstico clínico principal de la ERC en Aguascalientes es la de origen desconocido que histopatológicamente se traduce como una glomeruloesclerosis focal y segmentaria en la mayoría de los casos. En búsqueda de algún factor etiológico se estudió el volumen renal y la relación que tiene con los macroelementos y oligoelementos excretados en orina, así como en líquido amniótico, considerando que estos minerales se relacionan con la ingesta, el estado nutricional de la madre y la exposición ambiental.

Aplicabilidad

Se tomaron medidas de ambos riñones en eje longitudinal, anteroposterior y transversal, para calcular el volumen renal por fórmula elipsoide, ajustado a superficie corporal. La exploración ecográfica se considera un método de imagen inocuo, por lo que no presenta riesgos para los neonatos. La creatinina sérica se obtuvo con técnica de química seca. La medición de elementos en orina y en líquido amniótico a través de espectrometría de masa con plasma acoplado inductivamente, es la técnica estándar para este análisis.

Factibilidad

La evaluación ecográfica se considera un método seguro para la identificación de alteraciones en la morfología y el volumen renal, sin exponer al paciente a radiación ionizante o a métodos que requieren sedación. Se contó con el material y los recursos humanos para la evaluación antropométrica, la recolección de las muestras de líquido amniótico y se aprovechó el día del tamiz metabólico para la recolección de sangre para

evaluar la creatinina y la muestra de orina también, estos últimos son métodos que se pueden realizar en consultorio. Se cuenta con el apoyo de laboratorio para poder analizar la creatinina en plasma; la medición de macroelementos y oligoelementos en las muestras de orina y líquido amniótico se realizará a través de espectrometría de masa con plasma acoplado inductivamente.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ERC en el estado de Aguascalientes es altamente prevalente y según estadísticas recientes afecta de manera bimodal, llamando la atención un pico de prevalencia en adultos jóvenes por una patología de origen desconocido; el hecho de padecer esta patología crónica a temprana edad aumenta los años perdidos por discapacidad y provoca mayor gasto en salud por las instituciones públicas. La aparición de ERC a una edad tan temprana puede sugerirnos alteraciones en la embriogénesis. Por lo tanto, la evaluación de el volumen renal y la excreción urinaria que nos pueden orientar sobre el estado nutricional y exposición de elementos durante la gestación.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existe relación entre el volumen renal y la excreción urinaria de macroelementos y oligoelementos en neonatos?

OBJETIVOS

Principal

- Determinar si hay una relación entre el volumen renal en los neonatos del estado de Aguascalientes con los niveles de macroelementos y oligoelementos excretados en orina y acumulados en el líquido amniótico.

Secundario

- Determinar el volumen renal ajustado a la superficie corporal mediante la fórmula de Dubois en los recién nacidos.
- Determinar la creatinina y la cistatina c en plasma y con ellas la tasa de filtrado glomerular.
- Relacionar el volumen renal ajustado con los valores antropométricos.
- Relacionar los valores antropométricos con los niveles de macroelementos y oligoelementos excretados en orina.

HIPOTESIS

Hipótesis Nula

El volumen renal total se asociará con la excreción urinaria de macroelementos y oligoelementos medidos en orina y en líquido amniótico.

Hipótesis Alterna

El volumen renal total no se asociará con la excreción urinaria de macroelementos y oligoelementos medidos en orina y en líquido amniótico.

TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO

Estudio observacional, transversal, descriptivo, comparativo y retrospectivo.

POBLACIÓN DE ESTUDIO

Neonatos a término, hijos de mujeres pacientes del hospital de la Mujer Aguascalientes que hayan cursado un embarazo normoevolutivo, nacidos entre febrero del 2022 y agosto del 2023.

DISEÑO MUESTRAL Y PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO

La muestra fue por conveniencia, estudiando los neonatos nacidos en los 12 meses del año en función a los cambios en la dieta y la exposición ambiental durante el año.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de Inclusión

Neonatos con antecedente de embarazo de bajo riesgo, sin complicaciones, hijos de madres entre 18 a 40 años, vivir en Aguascalientes por lo menos 1 año, ser paciente del hospital de la Mujer Aguascalientes, acudir al tamiz neonatal el 4º día y entregar muestra de orina del neonato.

Criterios de Exclusión

Neonatos productos de un embarazo de riesgo o con complicaciones; neonatos pretérmino; hijos de madres menores de 18 o mayores de 40 años.

Criterios de Eliminación

No poder obtener muestra de líquido amniótico. No acudir al tamiz neonatal el 4º día; muestra de orina francamente patológica; encontrar una malformación renal tras la evaluación ecográfica.

DESCRIPCIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición operacional	Categorías	Indicador	Nivel de medición
Género	Sexo biológico	Femenino Masculino	Porcentaje	Nominal
Antropometría	Peso actual en kg Altura actual en cm Superficie corporal por la fórmula de DuBois	Peso Talla Superficie corporal	Frecuencia	Razón
Medidas obtenidas por ecografía renal	Medidas tomadas en mm.	Eje longitudinal Eje anteroposterior Eje transversal	Frecuencia relativa	Razón
Volumen renal	Espacio que ocupa un cuerpo en tres dimensiones.	Volumen = $\pi (\pi) / 6$ (longitudinal x anteroposterior x transverso)	Frecuencia relativa	Razón
Tasa de filtrado glomerular por cistatina c	Tasa de filtrado glomerular calculada por la fórmula Bedside Schwartz, usando cistatina c.	Valores desde el 1	Porcentaje	Continua
Tasa de filtrado glomerular por creatinina	Tasa de filtrado glomerular calculada por la fórmula Bedside Schwartz, usando creatinina.	Valores desde el 0	Porcentaje	Continua
Percentil	Valor del elemento que divide un total en intervalos iguales.	5% a 95%	Porcentaje	Nominal
Macroelementos y oligoelementos en líquido amniótico	Elementos químicos obtenidos en líquido amniótico a través de espectrometría de masa con plasma acoplado inductivamente.	Sodio, calcio, cloro fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc, yodo, selenio, manganeso, fluoruro, molibdeno, cobre, cromo, cobalto boro	Porcentaje	Intervalo
Macroelementos y oligoelementos en orina corregidos con creatinina	Producto de la determinación de elementos químicos obtenidos en orina a través de espectrometría de masa con plasma acoplado inductivamente con la fórmula para corrección con creatinina.	Sodio, calcio, cloro fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc, yodo, selenio, manganeso, fluoruro, molibdeno, cobre, cromo, cobalto boro	Porcentaje	Intervalo

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizará estadística descriptiva en base al tipo de variable, para las variables continuas de distribución normal se usará media y desviación estándar, para las variables de distribución anormal se usará mediana con intervalos intercuantiles. Para las variables dicotómicas se usarán frecuencias relativas y absolutas, para comparación entre los diferentes cuartiles de volumen renal ajustado a superficie corporal se realizarán dependiendo el tipo de variable, para las variables continuas se utilizará análisis de varianza y para las variables dicotómicas chi cuadrado. Valor de $p < 0.05$ será considerado como significativo, se usará Microsoft Excel y Stata versión 14.

CAPÍTULO III. MATERIAL, PACIENTES Y MÉTODOS

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL LUGAR Y POBLACIÓN DE ESTUDIO

Este estudio fue realizado en el estado de Aguascalientes localizado en el centro del país, siendo parte de la región del Bajío. Se reclutaron pacientes del Hospital de la Mujer, que es un centro de referencia de todas las pacientes obstétricas del estado, con apoyo del equipo de imagenología y pediatría del Centenario Hospital Miguel Hidalgo.

La población de estudio fueron 299 neonatos hijos de madres con embarazo de bajo riesgo que fueron atendidas en el Hospital de la Mujer entre el mes de marzo del 2022 y agosto del 2023.

RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se recolectaron los datos a través de entrevista directa, se realizó antropometría, toma de muestra de líquido amniótico, orina y sangre por el equipo de médicos y enfermeras del Hospital de la Mujer Aguascalientes.

Las muestras de laboratorio fueron conservadas y analizadas por el equipo de laboratorio con el método de química seca para la determinación de creatinina, química húmeda para el análisis de cistatina c y espectrometría de masa con plasma acoplado inductivamente para obtener los minerales en orina y líquido amniótico.

El líquido amniótico fue obtenido el día del parto mientras que el resto de las muestras fueron tomadas el 4º día de nacimiento al acudir al tamiz neonatal. Las mediciones antropométricas también fueron recabadas en la consulta de tamiz.

La evaluación sonográfica fue realizada al por residentes de 2o y 3er año del posgrado de imagenología diagnóstica y terapéutica con un equipo de ultrasonido portátil marca Sonoscape modelo Ev2 utilizando transductor convexo 3 MH y lineal de 7 MHZ.

Se realizaron medidas en los tres ejes, longitudinal, AP y transverso de ambos riñones.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Se aplicó en todo momento el reglamento de la Ley General de salud en Materia de investigación para la Salud, considerando también la declaración de Helsinki, avalada por la Asociación Médica Mundial en 1964. Además, el protocolo de investigación fue sometido a evaluación y aprobado por el comité de ética del Centenario Hospital Miguel Hidalgo el 30 de noviembre del 2023 con numero de aprobación 2023-R-60.

Se entregó y explicó un consentimiento informado (anexo 2) a todos los participantes, recabando su firma de autorización y asegurando esclarecer todas las dudas surgidas.

RECURSOS PARA EL ESTUDIO

Recursos Humanos

Médicos adscritos y residentes del equipo de imagenología del Centenario Hospital Miguel Hidalgo.

Médicos residentes de ginecología y equipo de enfermería del Hospital de la Mujer.

Médicos residentes de pediatría del CHMH.

Médicos pasantes del Servicio social.

Recursos Materiales

Ultrasonido portátil marca Sonoscape modelo Ev2 utilizando 2 transductores, convexo de 3 MHz y lineal de 7 MHz.

Equipo para antropometría del Hospital de la Mujer.

Recursos financieros

Sin recursos financieros.



CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Se estudiaron a 299 neonatos al cuarto día de nacimiento, todos nacidos a término, sin complicaciones durante la gestación ni durante el parto, de estos 162 fueron hombres (54.2%) y 137 mujeres (45.8%).

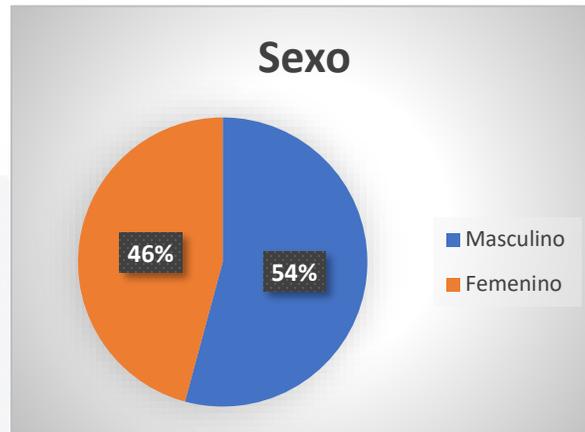
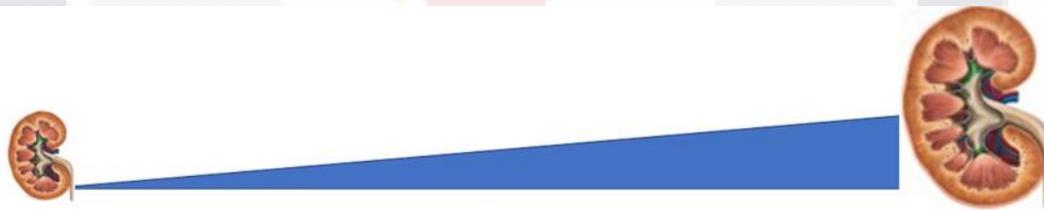


Gráfico 1. Distribución por sexo biológico de los neonatos evaluados.

Se determinó el volumen renal ajustado por superficie corporal total, encontrando un promedio de volumen para el riñón derecho de 58.6 ml/m², mientras que el izquierdo de 56.4 ml/m². Se obtuvo un promedio de volumen renal total de 115 ml/m². Los rangos del primer cuartil fueron de 50.2 a 95.8 ml/m²; el valor superior del percentil menor a 5 fue de 73.8 ml/m².



	Percentil ≤ 5	Perc 6 - 25	Percentil 25 - 50	Percentil 50 - 75	Percentil > 75
	(50.2 – 73.8)	(73.8-95.8)	(96.36 -113.04)	(113.25- 130.87)	(131-228)
	N=15	n=59	n=75	n=75	n=75
Creatinina bebe, m (S)	0.66 (0.10)	0.54 (0.20)	0.56 (0.20)	0.57 (0.19)	0.55 (0.16)
TFG Cr Bebé, m (S)	33.1 (5.5)	42.6 (12.4)	41.2 (12)	40 (12.3)	41.5 (11.5)
Cistatina, m (S)	2.06 (0.47)	1.76 (0.45)	1.72 (0.41)	1.79 (0.52)	1.67 (0.46)
TFG Cistatina bebé, m (S)	37.4 (7.3)	44.1 (10.4)	45.1 (12.6)	44.1 (12.3)	46.6 (11.7)

Tabla 1. Resultados de tasa de filtrado glomerular determinada con creatinina y cistatina c según los percentiles de volumen renal total.

La tabla 1 detalla los valores de creatinina y cistatina c, así como la tasa de filtrado glomerular obtenidas con estas según los percentiles. Según el análisis estadístico para determinar el riesgo de hipoplasia renal (considerado el percentil ≤ 5) se encontraron el valor de creatinina, cistatina c con un OR mayor a 1, mientras que las tasas de filtrado glomerular determinadas por estas proteínas fueron menores. El sexo masculino presentó un OR menor a 1, por lo que le confiere un menor riesgo. (Tabla 2).

Variable	OR (IC 95%)	Valor de p
Sexo Masculino	0.28 (0.9 - 0.93)	0.038
Creatinina	7.15 (0.95 - 53.5)	0.05
Cistatina C	3.48 (1.32 - 9.18)	0.012
TFG Creat	0.93 (0.88 - 0.98)	0.010
TFG Cistatina	0.92 (0.86 - 0.98)	0.015

Tabla 2. Variables asociadas a riesgo de hipoplasia (percentil ≤ 5), en razón de momios.

En cuanto a los factores antropométricos, el peso del neonato al cuarto día del nacimiento, la superficie corporal y el peso de la madre ganado durante el embarazo también presentaron una asociación estadísticamente significativa con los percentiles menores.

La edad gestacional del neonato y la talla obtuvieron un valor de p mayor de 0.05 (Tabla 3).

Variable	Todos (299)	Percentil ≤ 5	Perc 6 - 25	Percentil 25 - 50	Percentil 50 - 75	Percentil > 75	Valor de p
Edad gestacional, m (S)	38.9 (1.3)	38.4 (1.1)	38.8(1.2)	38.8 (1.3)	38.9 (1.3)	39.1 (1.4)	0.437
Peso, med (IIC)	3255 (3040-3485)	3266 (3105 - 3880)	3225 (2930-3470)	2265 (3025-3455)	3165 (3020-3350)	3395 (3105-3680)	0.008
Talla, m (S)	51.2 (2.4)	51.8 (2.3)	51.3 (2.8)	51.2 (2.4)	50.8 (2.2)	51.6 (2.2)	0.386
Superficie corporal m (S)	0.206 (0.01)	0.21 (0.01)	0.205 (0.01)	0.205 (0.01)	0.202 (0.01)	0.210 (0.01)	0.029
IMC mama, m (S)	24.8 (4.7)	24.2 (3.2)	24.8 (5.1)	24.9 (4.7)	23.3 (4.3)	26.2 (4.8)	0.005
Peso ganado en embarazo, m (S)	11.3 (5.7)	14.5 (6.2)	12.5 (5.3)	10.3 (4.8)	10.2 (5.8)	11.8 (6.3)	0.012

Tabla 3. Variables antropométricas según los percentiles de volumen renal total.

Se analizaron las muestras de líquido amniótico de los 299 pacientes estudiados, evaluando los valores de sodio, calcio, cloro, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc, yodo, selenio, manganeso, fluoruro, molibdeno, cobre, cromo, cobalto y boro encontrando como valores significativos los niveles de sodio, potasio, zinc y hierro, estos hallazgos se ilustran en los gráficos de cajas y bigotes (grafico 2 a 5).

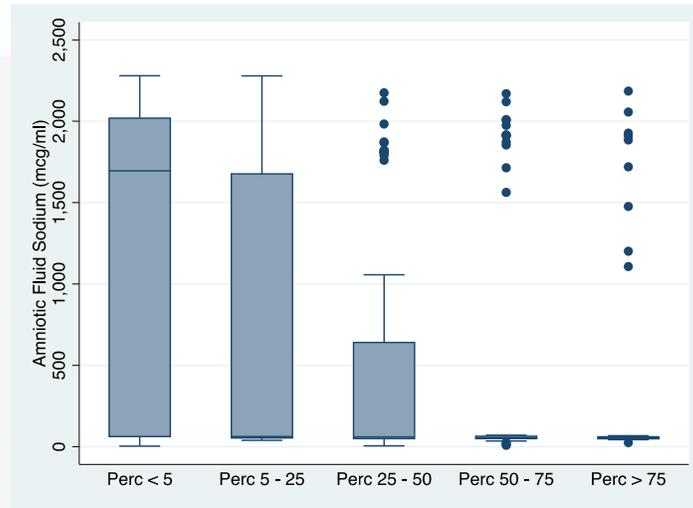


Gráfico 2. Valores de sodio en líquido amniótico según los percentiles.

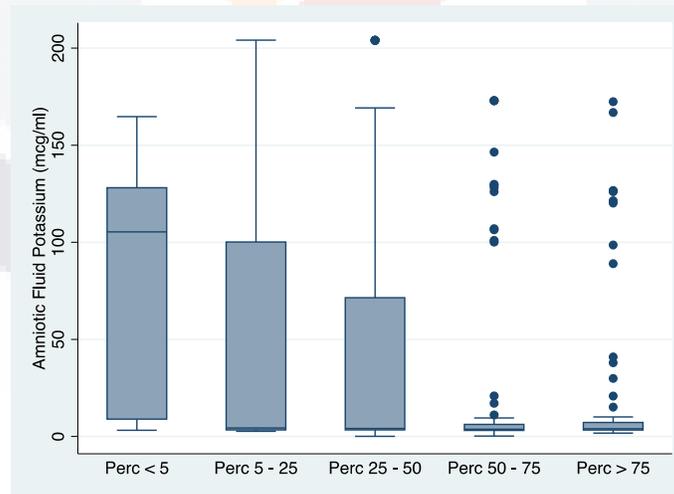


Gráfico 3. Valores de potasio en líquido amniótico según los percentiles.

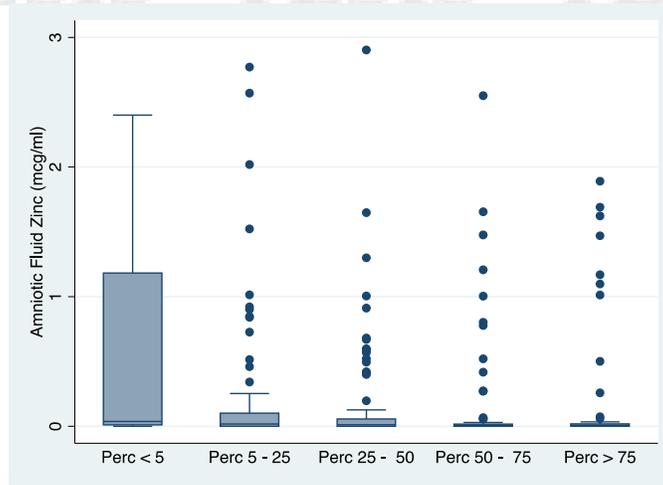


Gráfico 4. Valores de zinc en líquido amniótico según los percentiles.

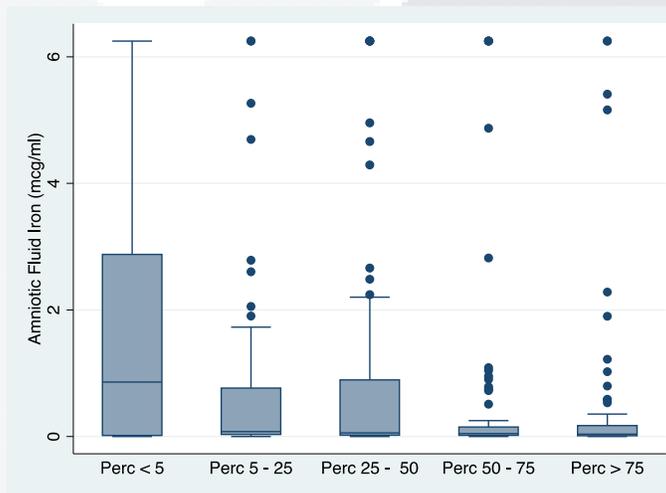


Gráfico 5. Valores de hierro en líquido amniótico según los percentiles.

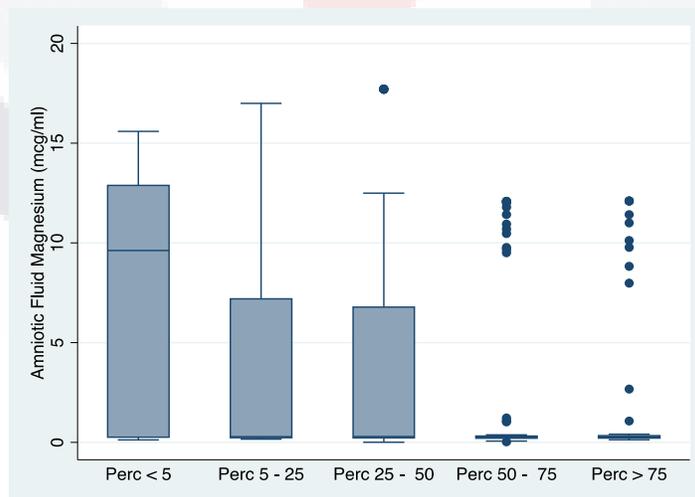


Gráfico 6. Valores de magnesio en líquido amniótico según los percentiles.

Los valores de flúor en líquido amniótico también tuvieron significancia, al realizar el análisis multivariable con el peso ganado durante la gestación y el sexo masculino, encontrando un valor de p de 0.021.

De los 299 neonatos solo se pudo obtener muestra de orina de 210 examinados, todas consideradas como adecuadas para el análisis. En el análisis estadístico ningún valor fue considerado como estadísticamente significativo.

El muestreo por conveniencia se realizó considerando tener pacientes de todo el año y se encontró mayor frecuencia de pacientes con menor volumen total en el primer semestre del año tanto para el percentil 5 como para el percentil 10.

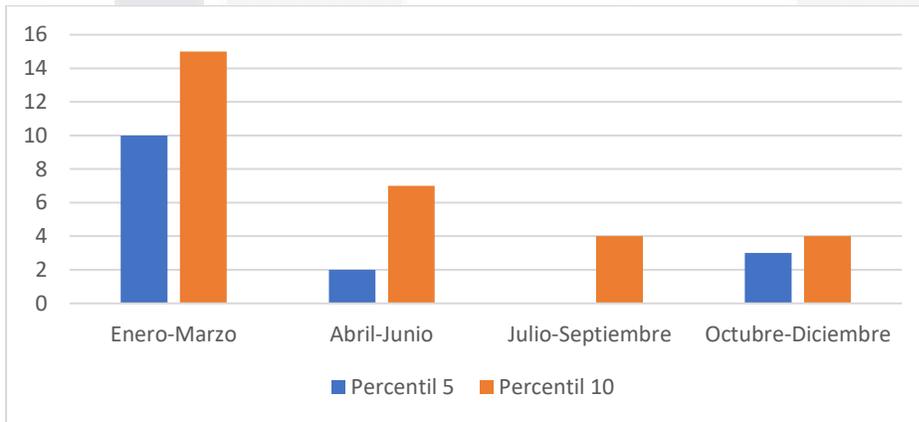


Gráfico 7. Distribución de pacientes dentro de los percentiles 5 y 10 según el trimestre anual.

CAPITULO V. DISCUSIÓN

La nefrogénesis finaliza en las semanas 32-34 del embarazo, aunque antes entre la semana 24 y 30 se forman la mayor cantidad de nefronas²². Considerando esto, solo se estudiaron a pacientes de termino pues según lo descrito en la literatura, el riñón del prematuro no presenta una función renal madura, lo que pudo ser un sesgo para esta investigación.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Durante la gestación la placenta hace que los riñones no sean necesarios para la supervivencia del feto, por lo tanto, es normal ver una tasa de filtrado glomerular baja en los neonatos ²³. Si analizamos la tasa de filtrado glomerular, el promedio mayor fue de 46.6 ml/min/1,73 m², que en comparación con un lactante de mayor edad se encuentra muy por debajo y esto ocurre porque a pesar de que el neonato cuenta con un número adecuado de glomérulos, el capilar glomerular tiene una menor superficie de filtración por lo que los valores de filtrado son más bajos.

Aun así, se identificó una asociación entre el riñón hipoplásico y mayores niveles de cistatina c, creatinina y por consiguiente una menor tasa de filtrado glomerular (Tabla 1).

Según un estudio reciente de Alcalde-Ortiz y colaboradores, evaluando ecográficamente la misma población, se encontraron valores de volumen renal total menor en comparación con los reportados en estudios alrededor mundo, considerando en general que esta población presenta una talla renal menor¹⁵. Aun así, los factores antropométricos analizados arrojaron que el paciente con un menor peso y menor superficie corporal presentaron un menor volumen renal.

El índice de masa corporal de la madre y aun mas el peso ganado durante la gestación presentó una asociación significativa, si bien la literatura menciona que un ambiente de desnutrición durante la gestación puede ocasionar un menor volumen renal², no se encontraron madres con peso bajo, sino al contrario, el 40% presentaron sobrepeso según el índice de masa corporal. Una mayor ganancia de peso se asoció estadísticamente con un volumen renal total en el percentil menor a 5 (p 0.012); esto puede ocurrir por el tipo de alimentos ingeridos y no precisamente por el déficit calórico.

El líquido amniótico está conformado principalmente por la orina del feto, por lo que se decidió estudiar este líquido para considerar el microambiente del feto. Se encontró un alto nivel de sodio, potasio, zinc, magnesio y hierro en este fluido en los pacientes dentro del primer cuartil y marcadamente superior en el percentil 5. Si bien existen varios factores que condicionan la excreción de macro y oligoelementos se ha contemplado a

la dieta como el determinante, a mayor consumo del mineral será mayor la excreción del mineral; otros autores han documentado el aumento en los niveles de ciertos minerales (en especial el zinc) en líquido amniótico, asociado a un ambiente urbano y en poblaciones industriales²⁴. En este estudio se identificó una excreción aumentada en los pacientes con menor volumen, lo que sugiere alteraciones en la eliminación. Se ha demostrado que algunos oligoelementos, en especial el zinc, cadmio y cobre se elevan tempranamente ante una lesión renal aguda²⁵; Así como tras periodos de inanición, pacientes con nefrosis, diabetes mellitus, alcoholismo, cirrosis hepática y porfiria³.

En cuanto a la excreción urinaria de minerales determinados en orina podemos inferir que si bien los resultados por si solos no fueron significativos puede haber algunos otros factores que pueden no estar considerándose como la exposición a metales pesados y xenobióticos.

Hay varias limitantes en este estudio. Se incluyó un numero de muestra pequeño por lo que en el futuro se deberían de considerar muestras mayores e incluir otros agentes como metales pesados, pesticidas y xenobióticos, así como determinar proteínas y albumina para definir con mayor especificidad el estado nutricional de las pacientes.

Otra limitante fue el protocolo de la evaluación ecográfica, ya que se realizaron con un equipo portátil que presenta menor calidad de imagen en comparación con otros modelos estacionarios; las exploraciones fueron realizadas por más de un radiólogo por lo que aumenta el sesgo inter observador.

CAPITULO VI. CONCLUSIÓN

Se definió como un factor de riesgo para hipoplasia renal (percentil menor a 5) el sexo femenino, el peso, la superficie corporal y una mayor ganancia de peso durante el embarazo.

Se encontró una asociación entre el valor de sodio, potasio, zinc, magnesio y hierro en el líquido amniótico en los pacientes dentro del percentil 5, que contrasta con otros trabajos donde lo esperado sería una excreción menor, lo que nos sugiere un aumento en la excreción o falta de absorción de estos elementos.

Se deben considerar incluir más factores para realizar un análisis multivariado y tratar de considerar factores que pudieran condicionar alteración en la función renal. Además, sería ideal dar seguimiento a largo plazo a los pacientes con un percentil menor de 5 y de un grupo control.

GLOSARIO

Cistatina C: Proteína de bajo peso molecular propuesta como marcador de función renal más sensible que la creatinina al detectar de forma precoz alteraciones en la función renal.

Creatinina: Compuesto orgánico generado a partir de la degradación de la creatina, importante para la producción de energía a nivel muscular. Normalmente, los riñones filtran la creatinina de la sangre y la elimina a través de la orina, por lo que es considerado un marcador de función renal.

Enfermedad renal crónica: Pérdida lenta de la función de los riñones con el tiempo. Se clasifica en 5 estadios según la tasa de filtrado glomerular.

Insuficiencia renal: Describe la situación en la que los riñones han perdido la capacidad de llevar a cabo sus funciones eficazmente, principalmente el filtrar la sangre. Se considera el último estadio de la enfermedad renal crónica, con una tasa de filtrado glomerular menor a 15 ml/min/1.73 m².

Hipoplasia renal: Reducción marcada del volumen renal, debido a una ramificación inadecuada de los conductos colectores.

Macroelementos: Minerales que se necesitan en cantidades superiores a 20 mg/día. Se consideran los siguientes: Hidrógeno, oxígeno, carbono, nitrógeno, cloro, calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio y azufre.

Oligoelementos: Sustancias minerales presentes en cantidades muy pequeñas en el cuerpo humano (contenido inferior a 1 mg/kg de peso corporal). Dentro de estos se consideran el cobre, el yodo, el hierro, el flúor, el molibdeno, el cromo, el selenio, el boro, el manganeso e incluso el cobalto.

REFERENCIAS

- 1. Arreola-Guerra JM, Gutiérrez-Peña CM, Zuñiga L, Ovalle-Robles I, García-Díaz AI, Macías- Guzmán MJ, Delgado A, Macías D, Prado C, Vega A, Delgadillo Catañeda R, Marín R, Martínez Guevara M, Piza Jimenez MA (2019). Enfermedad Renal Crónica en Aguascalientes. Revisión anual 2019. Secretaria de Salud del Estado de Aguascalientes.
- 2. Lee, Y., Collins, C., Gordon, A., Rae, K. y Pringle, K. (2018). La relación entre la nutrición materna durante el embarazo y la estructura y función del riñón de la descendencia en humanos: una revisión sistemática. *Nutrientes*, 10(2), 241. doi:10.3390/nu10020241
- 3. Raymond, J., Morrow, K.(2021); Krause. Mahan. Dietoterapia. 15a edición; Elsevier.
- 4. Yoshida, M., Fukuwatari, T., Sakai, J., Tsuji, T., & Shibata, K. (2012). Correlation between mineral intake and urinary excretion in Free-Living Japanese young women. *Food and Nutrition Sciences*, 03(01), 123-128. <https://doi.org/10.4236/fns.2012.31018>
- 5. Langman, J., Sadler, T. W., & Lorenzo, I (2019). Langman: Embriología médica. Panamericana. Buenos Aires.
- 6. Rivera Gorrín M, Sosa Barrios RH, Rodríguez Mendiola N. Ecografía del riñón normal y variantes anatómicas. .En: Lorenzo V., López Gómez JM (Eds). *Nefrología al día*. ISSN: 2659-2606. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/328>
- 7. Korkmaz, A. A., & Kader, Ş. (2018). Neonatal kidney dimensions and medullary pyramid thicknesses according to the weight, length and body mass index of newborns. *Journal of Pediatric Research*, 5(4), 177-181. <https://doi.org/10.4274/jpr.75437>

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- 8. Zyan, Albert J. (2022). Fisiología Renal. *Journal of Interventional Nephrology*. 5(5), 66–69
 - 9. Attar, T. (2020b). A mini-review on importance and role of trace elements in the human organism. *College & Research Libraries*, 3(3), 117-130. <https://doi.org/10.22034/crl.2020.229025.1058>
 - 10. Post, A., Kremer, D., Groothof, D., Seidel, U., Huebbe, P., Franssen, C., Kema, I. P., Lüersen, K., Rimbach, G., & Bakker, S. J. L. (2022). Dietary lithium intake, graft failure and mortality in kidney transplant recipients. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 38(8), 1867-1879. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfac340>.
 - 11. Shikh EV, Makhova AA, Chemeris AV, Tormyshov IA.. (2021). Iatrogenic deficits of micronutrients. *Voprosy pitaniia*, 90(4), 53-63. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-53-63>
 - 12. Madar, H., Brun, S., Coatleven, F., Chabanier, P., Gomer, H., Nithart, A.,... Sentilhes, L. (2016). Fisiología y regulación del líquido amniótico. *EMC - Ginecología-Obstetricia*, 52(4), 1–10. [https://doi:10.1016/s1283-081x\(16\)80903-0](https://doi:10.1016/s1283-081x(16)80903-0)
 - 13. Suliburska, J., Kocylowski, R., Komorowicz, I., Grzesiak, M., Bogdański, P., & Barańkiewicz, D. (2015). Concentrations of mineral in amniotic fluid and their relations to selected maternal and fetal parameters. *Biological Trace Element Research*, 172(1), 37-45. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0557-3>
 - 14. Zweyer, M. (2014). Imágenes radiológicas del riñón. *Radiología Médica*. Springer, Berlín, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54047-9_1
 - 15. Alcalde-Ortiz, ML; Arreola-Guerra, J M; Calzada-Gallegos,H; Normal renal size by body-surface-area renal volume using ultrasound in a population aged 0-18 years from Aguascalientes state, Mexico; *J Mex Fed Radiol Imaging*. 2023;2(3):149-151 <https://doi.org/10.24875/JMEXFRI.M23000055>

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- 16. Hansen, K. L., Nielsen, M. B., & Ewertsen, C. (2015). Ultrasonografía del Riñón: una revisión pictórica. *Diagnostics*, 6(1), 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics6010002>
 - 17. Braconnier, P., Piskunowicz, M., Vakilzadeh, N., Müller, M., Zürcher, E., Burnier, M., & Pruijm, M. (2019). ¿Qué tan confiable es la ecografía renal para medir la longitud y el volumen renal en pacientes con enfermedad renal crónica en comparación con la resonancia magnética? *Acta Radiologica*, 61(1), 117-127. <https://doi.org/10.1177/0284185119847680>
 - 18. Bonsib, S. M. (2020). Hipoplasia renal, de extremadamente insuficiente a insuficiente: consideración de conceptos ampliados basados en la perspectiva del autor con revisión histórica. *Avances en Patología Anatómica*, 27(5), 311-330. <https://doi.org/10.1097/pap.000000000000269>
 - 19. Brenner, B. M., Charlton, J. R., Luyckx, V. A., Manfellotto, D., Perico, N., Remuzzi, G., Somaschini. (2017). El impacto del desarrollo renal en el curso de la vida: un documento de consenso para la acción. *Nephron*, 136(1), 3-49. <https://doi.org/10.1159/000457967>
 - 20. Villalvazo, P., Carriazo, S., Martín-Cleary, C., & Ortíz, A. (2021). Aguascalientes: one of the hottest chronic kidney disease (CKD) hotspots in Mexico and a CKD of unknown aetiology mystery to be solved. *Ndt Plus*, 14(11), 2285-2294. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfab136>
 - 21. Gutierrez-Peña, M., Zúñiga-Macías, L. P., Marín-García, R., Ovalle-Robles, I., Garcia-Díaz, A. L., (2021). Alta prevalencia de enfermedad renal terminal de origen desconocido en Aguascalientes México: Papel del Registro de Enfermedad Renal Crónica y la Biopsia Renal en su abordaje y direcciones futuras. *Ndt Plus*, 14(4), 1197-1206. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfaa229>
 - 22. Pérez González, E. (2022). Evaluación de la función renal en el recién nacido.

Protoc diagn ter pediatr., 1:43-60.

- 23. Hoseini R, Otukesh H, Rahimzadeh N, Hoseini S. (2012) Glomerular function in neonates. Iran J Kidney Dis. May;6(3):166-72. PMID: 22555478.
- 24. Neamtu RI, Craina M, et al; (2022). Heavy metal ion concentration in the amniotic fluid of preterm and term pregnancies from two cities with different industrial output. Exp Ther Med; 23(2):111. <https://doi.org/10.3892/etm.2021.11034>
- 25. Gardner DS, Allen JC, Goodson D, Harvey D, Sharman A, Skinner H, Szafrank A, Young JS, Bailey EH, Devonald MAJ. (2022) Urinary Trace Elements Are Biomarkers for Early Detection of Acute Kidney Injury. Kidney Int Rep. 29;7(7):1524-1538. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2022.04.085>

ANEXOS

**ANEXO A. ENCUESTA Y REGISTRO DE DATOS
EVALUACIÓN DEL EFECTO DE XENOBIÓTICOS DURANTE EL EMBARAZO EN
POBLACIÓN DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES.**

DATOS DEL PACIENTE

Folio: _____ Fecha: ___ / ___ / ___ Nombre: _____
 Fecha de nacimiento: ___ / ___ / ___ Domicilio: _____
 Teléfono: _____ Estado de Nacimiento: _____ Municipio de nacimiento: _____
 Estado donde radica _____ Municipio donde radica _____ ¿Desde
 cuándo? _____

ANTECEDENTES PATOLÓGICOS

Diabetes: Si No **HAS:** Si No **Obesidad:** Si No **Tabaquismo:** Si No **Alcohol** Si No **Otras drogas** Si No **Hx familiar de ERC:** Si No **¿Quién?** _____
 Otros antecedentes: _____
 Medicamentos: _____
 Talla: _____ Peso previo al embarazo: _____ Peso posterior: _____ IMC previo: _____
 Complicaciones en el embarazo: Si No ¿Cuál (es)? _____

ASPECTOS SOCIOECONOMICOS Y CULTURALES

Tipo de vivienda: Ladrillo Bloque Techo de lámina: Si No
 Tipo de piso: cemento vitropiso Tierra Agua para usar en casa: Llave
 Pozo
 Agua para beber: Llave Pozo Garrafón Marca: _____ ¿Desde cuándo? _____
 Agua para cocinar: Llave Pozo Garrafón Marca: _____
 ¿Ingresos promedio por semana de su familia? _____ ¿Cuál es su empleo?

 Servicios con los que cuenta: Agua Luz Gas ¿Existe algún parentesco con su esposo?
 Si No
 ¿Existe algún parentesco entre sus padres? Si No ¿Su casa está cerca de un huerto o
 cultivo? Si No
 ¿Cuál? _____ Distancia en metros: _____ ¿Empleo de su
 esposo?: _____
 Usa pesticidas o sustancias químicas en su trabajo: Si No ¿Cuál?: _____

EXPOSICIÓN A XENOBIÓTICOS

¿Sale frecuentemente de su localidad? Si No ¿Qué tan frecuente?

 ¿Consume con frecuencia pescado o mariscos?: Si No ¿Qué tan frecuente?

 ¿Trabajó en el campo durante el embarazo? Si No ¿Consume alimentos en su lugar de
 trabajo? Si No
 ¿Está expuesto a algún material peligroso en su trabajo? Si No
 ¿Usted o algún miembro de su familia realiza alguna actividad que lo exponga a algún
 pesticida? Si No

¿Lava las frutas y verduras? Si No ¿Ha cambiado de residencia por problemas de salud?
Si No
¿Dónde compra sus frutas y verduras? Agropecuario supermercado tianguis fruterías
¿Cuál es el material de sus ollas y utensilios de cocina? Aluminio Acero teflón Peltre

DATOS DEL RN

Sexo: _____ Peso: _____ Talla: _____ Edad gestacional: _____
Anomalías al nacimiento: _____
Peso al 4to día: _____ Talla al 4to día: _____ SC: _____
Ultrasonido renal: Volumen RI: _____ Volumen RD: _____
Cistatina C: _____ Creatinina: _____

ANEXO B. CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO

RELACIÓN ENTRE VOLUMEN RENAL Y EXCRECIÓN URINARIA DE MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS EN NEONATOS DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES

FECHA DE PREPARACIÓN: 07/12/2021 VERSIÓN: 1

Investigador principal: Emmanuel Salomón Macías Durón
Dirección del investigador: Rafael Oropeza #310 A, Colonia Martínez Domínguez, Aguascalientes, Ags.
Teléfono de contacto del investigador (incluyendo uno para emergencias): +52 449 370 9204
Investigadores participantes: Dr. José Manuel Arreola Guerra, Dra. Elvia Patricia Soto Toledo, Dr. Carlos Andrés Villalobos Chávez. Médicos residentes: Fernando Jaramillo Arriaga, Enrique Alfredo Enríquez Muñoz y Juan Fernando Hernández Rocha.
Nombre del patrocinador del estudio: N/A
Dirección del patrocinador: N/A
Versión del consentimiento informado y fecha de su preparación: Versión 1, 07/12/2021

INVITACION A PARTICIPAR Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Estimado Sr(a).

El Centenario Hospital Miguel Hidalgo, a través del grupo de investigación, le invitan a participar en este estudio de investigación que tiene como objetivo **evaluar el volumen renal a su hijo a través de ultrasonido para relacionarlo con niveles de oligoelementos y valores antropométricos.**

La duración del estudio es de **1 año y medio aproximadamente**.

El número aproximado de participantes será: **300**

Usted fue invitado al estudio debido a que tiene las siguientes características: tiene entre 18 y 40 años, cursa un embarazo único de bajo riesgo, no cursa con alguna enfermedad, tiene más de 1 año de vivir en el estado de Aguascalientes y no tuvo ninguna complicación durante su embarazo.

IDENTIFICACIÓN DE LOS INVESTIGADORES:

En caso de que usted sufra un daño relacionado al estudio, por favor póngase en contacto con **Emmanuel Salomón Macías Durón al teléfono 4493709204**.

Si usted tiene preguntas sobre el estudio, puede ponerse en contacto con **Emmanuel Salomón Macías Durón al teléfono 4493709204**.

Si usted tiene preguntas acerca de sus derechos como participante en el estudio, puede hablar con el Presidente del Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo (Dr. Jaime Asael López Valdez, teléfono: 449 994 6720 ext. 8646).