



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE MEDICINA

TESIS

**RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL Y LA DIETA
CON LA FUNCIÓN RENAL DURANTE LA ADOLESCENCIA**

PRESENTA

L.N. Fernanda Stephanie Espinoza López

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN INVESTIGACIÓN
BIOMÉDICA

TUTOR

Dra. Judith Martín del Campo Cervantes

INTEGRANTES DEL COMITÉ TUTORAL

Cotutor: Dr. Ricardo Ernesto Ramírez Orozco

Asesor: Mtra. Carla Patricia García Luque

Asesor: Dr. Luis Fernando Barba Gallardo

Aguascalientes, Ags, a 4 de Junio de 2024

DR. SERGIO RAMÍREZ GONZÁLEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

PRESENTE

Por medio del presente como **Miembros del Comité Tutorial** designado del estudiante **FERNANDA STEPHANIE ESPINOZA LÓPEZ** con ID 162774 quien realizó la tesis titulado: **RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL Y LA DIETA CON LA FUNCIÓN RENAL DURANTE LA ADOLESCENCIA**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

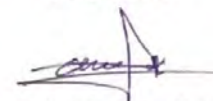
Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

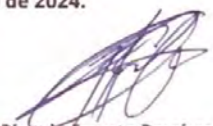
ATENTAMENTE

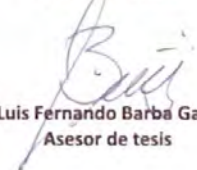
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 24 de Mayo de 2024.


Dra. Judith Martín del Campo Cervantes
Tutor de tesis


Mtra. Carla Patricia García Luque
Asesor de tesis


Dr. Ricardo Ernesto Ramírez Orozco
Co-Tutor de tesis


Dr. Luis Fernando Barba Gallardo
Asesor 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-FD-16
Actualización: 00
Emisión: 17/05/19



DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO



Fecha de dictaminación: 31/05/2024

NOMBRE: FERNANDA STEPHANIE ESPINOZA LOPEZ ID 162774

PROGRAMA: MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA LGAC (del posgrado): Biomedicina Clínica

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

TÍTULO: RELACION ENTRE LA COMPOSICION CORPORAL Y LA DIETA CON LA FUNCION RENAL DURANTE LA ADOLESCENCIA

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): En nuestro entorno social, estamos inmersos en una cantidad relevante de enfermos por insuficiencia renal, todos los esfuerzos desde la medicina traslacional abonan con información para disminuir este problema de salud pública que aqueja a muchas familias.

INDICAR	SI	NO	N.A. (NO APLICA)	SEGÚN CORRESPONDA:
<i>Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:</i>				
SI				El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
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
SI				Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
SI				Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)
<i>El egresado cumple con lo siguiente:</i>				
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, predoctoral, 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 carta de satisfacción del Usuario
SI				Coincide con el título y objetivo registrado
SI				Tiene congruencia con cuerpos académicos
SI				Tiene el CVU del Conacyt actualizado
N/A				Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)
<i>En caso de Tesis por artículos científicos publicados</i>				
N/A				Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
N/A				El estudiante es el primer autor
N/A				El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
N/A				En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
N/A				Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
N/A				La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado: Si No

FIRMAS

Elaboró:

* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADRSCRIPCION: DR. DAVID MASUOKA ITO

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO: DR. LUIS FERNANDO BARBA GALLARDO

* En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del NAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutorial, asignado por el Decano

Revisó: MCB.E SILVIA PATRICIA GONZÁLEZ FLORES

Autorizó: 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

Elaborado por: D. Apoyo al Posg.
Revisado por: D. Control Escolar/D. Gestión de Calidad
Aprobado por: D. Control Escolar/ D. Apoyo al Posg.

Publicación de artículo

<https://www.ugto.mx/campusleon/dcs/images/redicinaysa/publicaciones/2023/RED ICINAYSA-VOL.-16-NO.-6-NOV-DIC-2023.pdf>



3. TIPS SALUDABLES

ALIMENTACIÓN Y SALUD RENAL

Fernanda Espinoza López 1 , Judith Martin Del Campo Cervantes 2

1 Licenciada en Nutrición y estudiante de la Maestría en Investigación biomédica, Universidad Autónoma de Aguascalientes 2 Profesora investigadora del departamento de Nutrición, Universidad Autónoma de Aguascalientes

Contacto: fersel18@gmail.com

Palabras clave: funcionalidad renal, alimentación, obesidad

Los riñones son órganos vitales del ser humano, debido a que cumplen múltiples funciones en el organismo para mantener la homeostasis del cuerpo al filtrar la sangre para eliminar por medio de la orina las toxinas y los productos de desecho, además de mantener el balance de electrolitos, regular la presión arterial y las sustancias esenciales en el metabolismo óseo como el calcio, el fósforo y la vitamina D (1).

La enfermedad renal crónica se define como una alteración en la estructura o función de los riñones que persiste por más de 3 meses, esta es una problemática de salud en México con un aumento constante en la incidencia y prevalencia. De acuerdo con lo que reportó el estudio de la Carga Global de la Enfermedad en 2019 la incidencia de enfermedad renal crónica en México fue de 457/100 000 habitantes y la prevalencia fue 13 017/100 000 (2). Existen diferentes factores de riesgo para el desarrollo de esta enfermedad, sin embargo, los principales son la diabetes mellitus y la hipertensión arterial, cabe mencionar que también se ha reportado gran porcentaje de personas con origen desconocido (3).

La alimentación es de suma importancia para la prevención de enfermedades crónico degenerativas y, por lo tanto, en el cuidado de la funcionalidad de los riñones; a continuación, se describen aspectos relacionados con la alimentación y la funcionalidad renal.

Obesidad

La obesidad es una enfermedad causada por el exceso en la acumulación de grasa corporal, la cual puede desarrollar patologías secundarias como diabetes mellitus y hipertensión arterial, por lo tanto, es un factor de riesgo para desarrollar enfermedad renal. Se ha descrito que la obesidad puede afectar directamente a los riñones, en especial la grasa visceral (grasa alrededor de los órganos o vísceras) debido a que provoca alteraciones en el funcionamiento en la nefrona (célula renal) que ha largo plazo desencadenan el daño renal (4,5). Por lo anterior, las recomendaciones nutricionales para la prevención del desarrollo de obesidad es el consumo de una dieta equilibrada con porciones adecuadas de frutas, verduras, leguminosas, cereales y alimentos de origen animal, consumir alimentos ricos en fibra (frutas, verduras, cereales integrales), preferir métodos de cocción a la plancha, al vapor o al horno; evitar el uso de fritos o empanizados y alimentos altos en azúcares simples (dulces, galletas, jugos, refrescos), además de realizar algún tipo de actividad física diariamente.

Hidratación

Los riñones tienen un papel importante en la regulación del balance de agua, ya que este

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a la Universidad Autónoma de Aguascalientes por permitirme seguir con mi formación académica y creciendo profesionalmente, abrireme las puertas de su seno científico para estudiar la maestría en el área de mi carrera que más me apasiona.

Al CONAHCYT por impulsarnos a los jóvenes mexicanos a estudiar posgrados y crecer como profesionistas con el objetivo de contribuir a la ciencia y la tecnología de México favoreciendo así el desarrollo de un mejor país.

Le agradezco muy profundamente a mi tutora, Dra. Judith Martín del Campo, por su dedicación y paciencia, por transmitirme todos sus conocimientos y experiencia para el desarrollo de este trabajo, sin sus palabras y correcciones no hubiese llegado a este momento tan anhelado. Gracias por ser mi guía en este camino y por todos sus consejos, siempre los llevaré presentes en mi futuro profesional.

A mi cotutor, Dr. Ricardo Ernesto Ramírez Orozco, su dirección académica llena de sabiduría y estímulo han sido pilares fundamentales en la dirección y enriquecimiento de esta investigación, agradezco infinitamente su apoyo y orientación en mi formación académica.

Agradezco a los docentes que formaron parte de esta historia, por compartir sus conocimientos y abonar en mi formación académica.

A mi madre Irma López por brindarme su apoyo incondicional en esta etapa y siempre estar para darme sus consejos y palabras de aliento en el momento que más lo necesito.

Agradezco infinitamente a mi esposo Gerardo Regalado por ser el pilar más grande siempre e impulsarme a seguir creciendo personal y profesionalmente día con día, por todo el apoyo y sus consejos para cumplir esta meta.

A mi compañera de maestría Gladys Seleste Ortiz Barroso, por el apoyo incondicional, compartir sus conocimientos y sobre todo por su valiosa amistad.

Dedicatorias

Dedico este logro a mi madre y a mi esposo porque sin su apoyo incondicional esto no hubiera sido posible, gracias por siempre creer en mí y convencerme de que puedo ser una mejor persona día con día, y de que soy capaz de lograr lo que sea que me proponga, todo esto es gracias a ustedes.



Índice General

Índice General	1
Índice de tablas	3
Índice de figuras	3
Resumen	4
Abstract	5
1. Introducción	6
2. Marco teórico	7
2.1 Composición corporal.....	7
2.2 Análisis de bioimpedancia eléctrica	8
2.3 Adolescencia	8
2.4 Composición corporal en la adolescencia	9
2.5 Exceso de grasa y función renal	9
2.6 Consumo de proteínas y función renal.....	11
2.7 Marcadores de funcionalidad renal.....	12
2.7.1 Tasa de filtración glomerular	12
2.7.2 Creatinina.....	14
2.7.3 Cistatina C	15
2.7.4 Albuminuria.....	15
3. Justificación	17
4. Planteamiento del problema	19
5. Hipótesis	21
6. Objetivos	22
6.1 Objetivo general.....	22
6.2 Objetivos específicos	22
7. Material y métodos	23
7.1 Diseño.....	23
7.2 Población de estudio	23
7.3 Selección de la muestra.....	23
7.3.1 Tipo de muestreo:.....	23
7.3.2 Tamaño de la muestra.....	23

7.3.3 Criterios de selección.....	23
7.4 Métodos y técnicas	24
7.4.1 Composición corporal	24
7.4.2 Función renal: Creatinina, cistatina C y urea.	25
7.4.3 Función renal: Albuminuria	28
7.4.4 Evaluación dietética: Recordatorio de 24 horas	29
7.5 Plan general.....	29
7.6 Recursos	30
7.7 Plan de análisis estadístico	32
8. Operacionalización de variables.....	32
9. Resultados	34
9.1 Características generales de la población.....	34
9.2 Niveles de cistatina C y tasa de filtración glomerular de los adolescentes	35
9.3 Características de la dieta de los adolescentes.....	39
9.4 Asociaciones entre la composición corporal y la dieta con la funcionalidad renal de los adolescentes.....	39
10. Discusión.....	43
11. Conclusión	51
12. Referencias bibliográficas	52
13. ANEXO I.....	57
14. ANEXO II.....	59

Índice de tablas

Tabla 1. Ecuaciones de TFG basadas en marcadores endógenos..... 13

Tabla 2. Filtrado glomerular, KDIGO 2012 14

Tabla 3. Albuminuria, KDIGO 2012 16

Tabla 4. Composición corporal de adolescentes..... 37

Tabla 5. Análisis bioquímico de adolescentes..... 38

Tabla 6. Análisis dietético de adolescentes..... 40

Tabla 7. Asociación de la composición corporal y factores dietéticos con la funcionalidad renal en población total 41

Tabla 8. Asociación de la composición corporal y factores dietéticos con la funcionalidad renal por sexo..... 42

Índice de figuras

Figura 1. Fisiopatología de la asociación entre la obesidad y el daño renal 11

Figura 2. Efectos del alto consumo de proteína en la fisiología del riñón..... 12

Figura 3. Diagrama de selección y procedimientos de la muestra 35

Figura 4. Niveles de Cistatina C 36

Figura 5. Asociación entre composición corporal y la dieta con funcionalidad renal.
..... 42

Resumen

Introducción: En Aguascalientes la prevalencia de enfermedad renal crónica es alarmante, teniendo como causas principales el alto contenido de metales en el agua potable, el uso de pesticidas, así como causas desconocidas. El exceso de tejido adiposo ocasiona daño renal a través de patologías secundarias o por alteraciones anatómicas y hemodinámicas en el riñón. La investigación en la adolescencia es escasa, al ser considerado un grupo etario aparentemente sano. En la presente investigación se analizó la relación entre la composición corporal y la dieta con la función renal durante la adolescencia, con la finalidad de desarrollar estrategias de prevención de esta problemática de salud.

Métodos: Estudio observacional analítico transversal descriptivo en 281 adolescentes. Se evaluó la composición corporal, el consumo dietético y la funcionalidad renal.

Resultados: 19 sujetos presentaron microalbuminuria, la TFG presentó una mediana de 63.5 ml/min/1.73m² en hombres y de 72.5 ml/min/1.73m² en mujeres. La cistatina C fue mayor en el grupo de microalbuminuria. El consumo de agua fue menor en los sujetos con microalbuminuria ($p < 0.02$), mientras que el consumo de hidratos de carbono fue mayor ($p < 0.03$). Se observó una asociación entre la TFG y el ángulo de fase ($r = -0.5004$, $p < 0.0001$); el agua corporal total ($r = -0.3288$, $p = 0.0029$) y el agua extracelular ($r = -0.2263$, $p = 0.0436$). Se encontró una correlación entre la masa muscular esquelética y los niveles de creatinina en suero ($r = 0.6052$, $p < 0.0001$).

Conclusión: La composición corporal y la dieta se asocian con la funcionalidad renal durante la adolescencia.

Palabras clave: Funcionalidad renal, composición corporal, adolescencia, cistatina C, tasa de filtración glomerular

Abstract

Introduction: The prevalence of chronic kidney disease in Aguascalientes is alarming, the main causes are the high content of metals in the drinking water, the use of pesticides, as well as unknown causes. The excess of adipose tissue causes renal damage through secondary pathologies or by anatomical and hemodynamic alterations in the kidney. Research on adolescence is limited, since this group is considered apparently healthy. The present study analyzed the relationship between body composition and diet with renal function during adolescence, with the purpose to develop strategies for the prevention of this health issue.

Methods: Descriptive cross-sectional analytical observational study in 281 adolescents. Body composition, dietary intake and renal function were evaluated.

Results: 19 subjects presented microalbuminuria, GFR presented a median of 63.5 ml/min/1.73m² in men and 72.5 ml/min/1.73m² in women. Cystatin C was higher in the microalbuminuria group. Water intake was lower in subjects with microalbuminuria ($p < 0.02$), while carbohydrate intake was higher ($p < 0.03$). An association was observed between GFR and phase angle ($r = -0.5004$, $p < 0.0001$); total body water ($r = -0.3288$, $p = 0.0029$) and extracellular water ($r = -0.2263$, $p = 0.0436$). A correlation was found between skeletal muscle mass and serum creatinine levels ($r = 0.6052$, $p < 0.0001$).

Conclusion: Body composition and diet are associated with renal functionality during adolescence

Key words: Renal functionality, body composition, adolescence, cystatin C, glomerular filtration rate.

1. Introducción

El presente trabajo de tesis es un estudio en el cual se busca contribuir a la prevención de Enfermedad Renal Crónica, la cual es una patología de alta prevalencia en el estado de Aguascalientes por diversas causas que han sido estudiadas anteriormente, sin embargo, se ha reportado que en una parte considerable de la población que presenta esta patología se desconoce la causa de origen.

La adolescencia, es la etapa de la vida en la que se tienen la mayor parte de los cambios fisiológicos y físicos, además de que es una etapa crucial para el desarrollo de hábitos en general, se considera que es una población aparentemente sana por lo que la investigación en esta etapa es escasa.

La valoración de la composición corporal es una herramienta adecuada para identificar o prevenir patologías debido a que los cambios en los compartimentos corporales pueden llegar a provocar alteraciones en el organismo, que deriven en la generación de patologías y comorbilidades asociadas.

2. Marco teórico

2.1 Composición corporal

La composición corporal es una rama de la biología humana que cuantifica los componentes corporales, las relaciones cuantitativas entre los componentes y los cambios cuantitativos en los mismos, relacionados con factores influyentes. Por lo anterior, el estudio de la composición corporal es importante para interpretar los efectos de la dieta, el ejercicio, la enfermedad y el crecimiento sobre el organismo del ser humano (1).

La importancia de la evaluación de la composición corporal radica en ser un componente esencial para evaluar la salud del ser humano; ya que cuando presenta alteraciones se asocia con diversas comorbilidades, por lo tanto, su valoración permite predecir eventos adversos y contribuye en la prevención o tratamiento de diversas patologías (2).

En el estudio de Behnke en 1942 se señaló que el organismo se subdivide en diferentes componentes representados por los siguientes porcentajes: grasa total 15% (12% es de reserva y 3% esencial), músculo 44.8% y hueso 14.9% para los hombres; y para las mujeres los porcentajes son: 25% de grasa total (13% de reserva y 12% esencial), 38% de músculo y 12% de hueso (3).

El modelo bicompartimental es el modelo utilizado con mayor frecuencia para evaluar la composición corporal, el cual subdivide el organismo en dos componentes principales: la masa grasa (MG) y la suma de todos los tejidos restantes (músculo esquelético, órganos internos y tejido adiposo intersticial), que se denomina como masa libre de grasa (MLG) (4).

Los métodos que tienen mayor precisión para medir el modelo bicompartimental son la densitometría, la hidrometría y el conteo de potasio, sin embargo, son métodos de medición complejos que requieren experiencia, especialización y equipos costosos, por lo que su utilización es limitada. Existen otros métodos para evaluar la composición corporal como son (4):

- Antropometría, se basa en la medición de pliegues cutáneos para estimar la cantidad de tejido graso en el cuerpo, mediante pliegues específicos y la utilización de ecuaciones de estimación.
- Absorciometría con rayos X de doble energía (DXA), utiliza rayos X de baja emisión midiendo la atenuación de los haces de rayos X incidentes cuando atraviesan los tejidos corporales.
- Análisis de bioimpedancia (BIA), mide las propiedades eléctricas de la composición corporal y estima parámetros como el agua corporal total y masa libre de grasa.

2.2 Análisis de bioimpedancia eléctrica

El Análisis de bioimpedancia eléctrica o BIA por sus siglas en inglés es un método de bajo costo, no invasivo y confiable para la evaluación de la composición corporal, se define como la oposición de un conductor al flujo de una corriente eléctrica alterna aplicada, la cual puede variar dependiendo de la composición del tejido y la frecuencia de la corriente empleada. La medición está compuesta por la relación entre dos vectores, la resistencia que se deriva de los fluidos intra y extracelulares, y la reactancia descrita por el comportamiento como condensador de la membrana celular y depende de la frecuencia de la señal. La frecuencia (generalmente a 50 kHz), se pasa a través de electrodos colocados en manos y pies (4).

Existen posibles causas de error en la medición por este método, como son las diferencias de longitud en las extremidades, la actividad física, el estado nutricional, el nivel de hidratación, la ovulación y la técnica en la colocación de los electrodos (5).

2.3 Adolescencia

La Organización Mundial de la Salud define a la adolescencia como la etapa situada entre la niñez y la adultez, entre los 10 y 19 años de edad. Es la etapa más importante del ser humano debido a que en ella se presentan la mayor parte de los

cambios fisiológicos, anatómicos, psicológicos y ocurre la adaptación a cambios culturales y sociales (6).

De acuerdo con los resultados del censo de población y vivienda 2020 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el estado de Aguascalientes tenía una población total de 1,425,607 personas; se observó que del grupo de edad de 15 a 19 años correspondiente a la etapa de la adolescencia representa el 9.3% de la población total, con una distribución del 4.7% de hombres y el 4.6% de mujeres (7).

La adolescencia es considerada uno de los periodos de vida más saludables, se ha observado que ha aumentado la incidencia de problemas de salud en los adolescentes que impactan en su desarrollo y bienestar, por lo que es importante desarrollar estrategias de prevención (8).

2.4 Composición corporal en la adolescencia

La adolescencia es una etapa de la vida caracterizada por una aceleración en el crecimiento y la maduración corporal, con cambios diferenciales entre ambos sexos. La velocidad de crecimiento, el aumento de peso, la masa libre de grasa y la masa ósea aumentan durante este periodo, cabe mencionar, que en las mujeres el inicio de la pubertad suele ocurrir entre los 10 y 14 años, observándose en una edad más temprana que en los hombres en quienes la pubertad inicia entre los 12 y 16 años. En las mujeres, se observa que el desarrollo puberal se asocia con un aumento en la grasa corporal, mientras que en los varones se observa una disminución de la grasa corporal y picos de crecimiento más altos (9).

2.5 Exceso de grasa y función renal

El sobrepeso y la obesidad se han establecido como factores de riesgo para el desarrollo de la pérdida de la función renal; diversos autores han mostrado una asociación entre la obesidad y el daño renal. La obesidad es un problema de salud mundial que continúa aumentando su prevalencia, por lo que hay un alto riesgo de que pueda convertirse en el principal factor de riesgo para alteraciones renales; se

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

ha reportado una asociación entre la pérdida de la función renal con el sobrepeso (10).

El mayor riesgo de deterioro de la funcionalidad renal que se le atribuye al exceso de peso se debe a comorbilidades asociadas por la propia obesidad o sobrepeso como son la hipertensión y la diabetes, mismas que tienen un papel patogénico directo sobre la funcionalidad renal. Por otra parte, el exceso de peso es asociado con un perfil hemodinámico renal alterado, debido a que hay un aumento de la tasa de filtración glomerular en relación con el flujo plasmático renal, que resulta en una fracción de filtración aumentada. Estos mecanismos reflejan una hiperfiltración glomerular e hipertensión glomerular, debido a un desequilibrio vasomotor arterial aferente y eferente (10)

Se ha descrito que el tejido adiposo además de almacenar grasa, es un tejido involucrado en la producción de adipocinas (la leptina, la adiponectina, el factor de necrosis tumoral-alfa y angiotensina II), mecanismo que al producirse en exceso provoca daño renal a largo plazo (11).

El tejido adiposo visceral se asocia con un aumento de la fracción de filtración independientemente al exceso de peso en general; esto se debe a que puede afectar la homeostasis del sodio y el volumen sanguíneo. Específicamente la grasa visceral ocasiona una compresión renal y como consecuencia a esto un aumento de la presión intrarrenal y una mayor formación de matriz extracelular en la médula renal, lo cual provoca aún más compresión intrarrenal y un aumento en la presión hidrostática del líquido intersticial; esto a causa de la cápsula por la cual están rodeados los riñones caracterizada por su poca distensibilidad. El aumento de la presión intrarrenal, comprime el asa de Henle y los capilares peritubulares, reduciendo el flujo de líquidos a través de los túbulos renales y un aumento de la reabsorción de sodio en estos mismos (figura 1) (10,11).

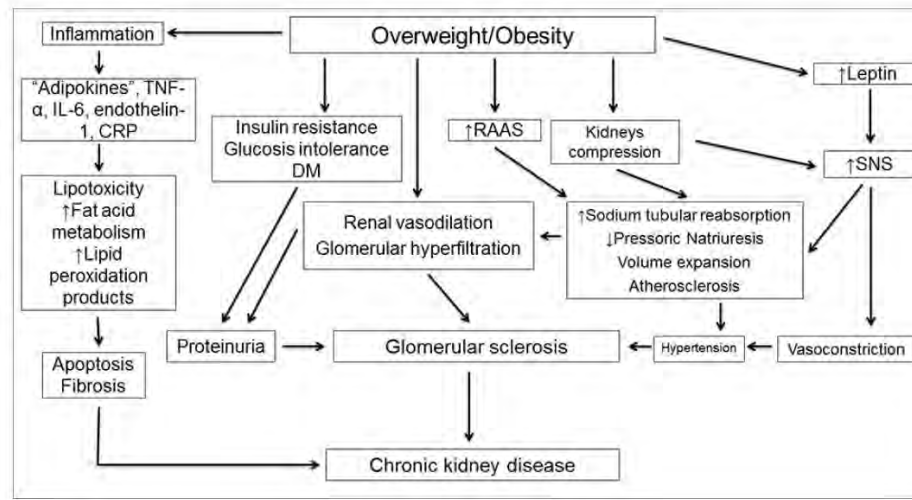


Figura 1. Fisiopatología de la asociación entre la obesidad y el daño renal (Reproducido de Silva Junior, 2017) (11).

2.6 Consumo de proteínas y función renal

Los requerimientos de proteína son la cantidad necesaria para compensar las pérdidas orgánicas de nitrógeno en personas que mantienen el balance de energía y actividad física moderada, sin embargo, el consumo de proteína puede ser mayor al requerimiento y se ha observado que el consumo a largo plazo de una dieta rica en proteínas se puede relacionar con un deterioro de la función renal, sin embargo, esto no ha sido esclarecido del todo (12).

Se ha observado que la ingestión proteica aumenta el flujo plasmático renal y la tasa de filtración glomerular (TFG), tanto con proteína animal como con proteína vegetal, por lo que la fuente no parece ser un factor determinante; esta hiperfiltración glomerular recurrente y prolongada puede provocar un daño renal. La ingesta elevada de proteínas en la dieta conduce a la dilatación de la arteriola aferente y al aumento de la TFG, lo que puede provocar daños en las estructuras renales con el tiempo debido a la hiperfiltración glomerular (Figura 2) (12,13).

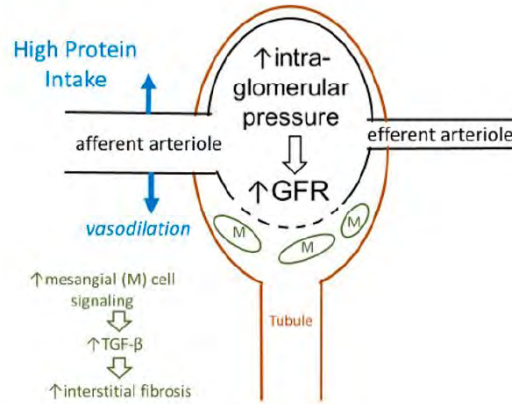


Figura 2. Efectos del alto consumo de proteína en la fisiología del riñón (Reproducido de Jee Ko, 2020) (13).

Por otro lado, el metabolismo de las proteínas ingeridas da como resultado urea, el cual es un metabolito de deshecho. El riñón filtra la sangre por medio de mecanismos fisiológicos para poder excretar la urea, pues su elevación en sangre provoca toxicidad, por lo tanto, a mayor cantidad de proteína ingerida mayor cantidad de urea debe excretarse, lo que provoca una sobrecarga renal produciendo incrementos en la presión glomerular y provocando hiperfiltración glomerular. Este proceso es el que teóricamente provoca la pérdida de la función renal a largo plazo (12).

2.7 Marcadores de funcionalidad renal

2.7.1 Tasa de filtración glomerular

La TFG es resultado del paso de líquido a través de la membrana glomerular, por lo tanto, es el mejor índice de valoración de la función renal. Para la valoración de la TFG con alguna sustancia endógena se requiere que esta sustancia mantenga una producción y concentración constante en plasma, una baja variación biológica, un filtrado glomerular libre, sin reabsorción ni secreción tubular y sin aclaramiento extrarrenal (14).

En la valoración de TFG se emplean marcadores endógenos y exógenos; en el caso de los marcadores exógenos destacan la inulina, marcadores isotópicos como el Cr-

EDTA, I-iodotalamato y marcadores no isotópicos como el iohexol; sin embargo, estas valoraciones no se realizan habitualmente por la complejidad en su medición y solo se recomiendan como pruebas de confirmación. Referente a los marcadores endógenos la creatinina es el analito mayormente utilizado, sin embargo, actualmente se ha estudiado a la cistatina C como un mejor marcador de la funcionalidad renal debido a que es una molécula de menor tamaño comparado con la creatinina, además de que su valor sérico es independiente de la masa muscular, consumo de proteína, raza, sexo, etc. (14).

Se han desarrollado varias ecuaciones matemáticas basadas en la cantidad de creatinina y cistatina C para la valoración de la filtración glomerular, recientemente se propusieron ecuaciones de medida conjunta con creatinina, cistatina C y variables como edad, sexo y raza, con el propósito de aumentar la exactitud y precisión de la valoración de filtrado glomerular; sin embargo, no existe algún acuerdo sobre cual ecuación es la mejor opción a utilizar (Tabla 1) (14).

Tabla 1. Ecuaciones de TFG basadas en marcadores endógenos

Estudio	Ecuación	Población
A base de creatinina		
Hoste 2014	$TFGe = 107.3 / (sCr/Q)$ Q = edad o altura basado en nivel normal	15 978 niños sanos de 0.1 a 20 años
Uemura 2014	$TFGe = 110.2 \times sCr_{ref} / sCr \text{ (mg/dL)} + 2.93$ sCr _{ref} basado en la altura	131 niños; 1 mes – 18 años
Pottel 2016	$TFGe = 107.3 / (sCr/Q)$ Q = edad o altura basado en nivel normal	735 niños y 1764 adultos, sanos
A base de cistatina C		
Grubb 2014 (CAPA)	$TFGe = 130 \times sCys \text{ (mg/L)}^{-1.069} \times \text{edad (años)}^{-0.117} - 713$	2708 adultos y 456 niños
Pottel 2017	$TFGe = 107.3 \times sCys \text{ (mg/L)} / 0.82$	5764 adultos y 368 niños

TFGe: Tasa de filtración glomerular estimada; sCr: Concentración de creatinina sérica; sCys: Concentración sérica de cistatina C (Adaptado de Bakker 2018) (15)

Las guías internacionales Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) establecieron la clasificación en grados de la enfermedad renal crónica (ERC) mediante la TFG (Tabla 2). Las recomendaciones establecidas se basaron en la revisión sistemática de estudios elaborados por expertos internacionales en nefrología y de expertos en medicina basada en evidencia (16).

Tabla 2. Filtrado glomerular, KDIGO 2012

Categoría	Descripción	Rangos (ml/min/1,73 m²)
G1	Normal o elevado	≥90
G2	Ligeramente disminuido	60-89
G3a	Ligera a moderadamente disminuido	45-59
G3b	Moderada a gravemente disminuido	30-44
G4	Gravemente disminuido	15-29
G5	Fallo renal	<15

Adaptado de Gorostidil 2014 (16)

2.7.2 Creatinina

La creatinina es una molécula pequeña cuyo peso molecular es 113 Da, es el marcador de funcionalidad renal mayormente un utilizado tanto en niños como en adultos. La creatina es una proteína sintetizada en riñones e hígado y es almacenada principalmente en las células del músculo estriado, órgano en el cual es fosforilada por la acción de la creatina quinasa a fosfocreatina. La creatina y fosfocreatina se degradan espontáneamente a creatinina. Es importante mencionar que la ingesta de alimentos de origen animal y los suplementos de creatina contribuyen al depósito de creatinina (15).

La creatina se filtra libremente a través de la membrana glomerular, por lo tanto, la filtración glomerular es la principal vía de eliminación, cabe mencionar que la creatinina también es excretada por secreción tubular y su nivel está inversamente relacionado con la TFG. La trimetoprima, la cimetidina y el fenofibrato son fármacos que inhiben la secreción de creatinina en los túbulos renales, por lo tanto, el uso de estos fármacos puede provocar niveles de creatinina más altos, pero esto no significa que exista un deterioro en la filtración glomerular (15).

2.7.3 Cistatina C

La cistatina C es una proteína no glucosilada con bajo peso molecular de 13.3 kDa, forma parte de la familia de las cistatinas de antiproteinasas, es producida por casi todas las células con núcleo, por lo tanto, se ha encontrado en todos los fluidos corporales. Como consecuencia de su pequeño tamaño, la cistatina se filtra libremente por el glomérulo y se reabsorbe en el túbulo proximal, siendo catabolizada completamente por acción de las células tubulares motivo por el cual no retorna hacia el torrente sanguíneo, por lo tanto, si no existe daño tubular su concentración en orina es muy baja. La cistatina C solamente se encuentra en espacio extracelular, lo que significa que tiene una mayor sensibilidad a los cambios en la TFG. Cabe mencionar que su concentración sérica no es afectada por cambios en la masa muscular, la edad, el sexo, la raza o la dieta (14).

Se han descrito factores que pueden afectar a la concentración sérica de cistatina C, tales como estados de disfunción tiroidea y diferentes tumores como el melanoma metastásico, el mieloma múltiple y el cáncer colorrectal, además del uso de corticosteroides y de ciclosporina A en pacientes trasplantados (14).

Los métodos utilizados para medir las concentraciones séricas de cistatina C son los inmunoensayos mejorados con partículas y utilizan gránulos recubiertos con anticuerpos anti-cistatina C para mediciones turbidométricas (PETIA) o nefelométricas (PENIA) o ensayos basados en inmunofluorescencia. Los niveles de bilirrubina, lípidos y hemoglobina no interfieren en los resultados de dichos métodos (15).

2.7.4 Albuminuria

La albúmina es una proteína globular de aproximadamente 69 kDa, es la más abundante en el organismo y tiene actividad en el soporte de la presión oncótica y el volumen sanguíneo. La albuminuria es la cantidad anormal de albúmina en la

orina, en esta condición el nivel de albúmina se puede clasificar como microalbuminuria. La microalbuminuria es la excreción urinaria de albúmina persistente en el rango de 30 a 299 mg/24h (17).

La albúmina en orina está determinada como un fuerte marcador precoz de la función renal, esto se fundamenta debido a que el glomérulo permite el paso de pequeños volúmenes de albúmina a través de la membrana basal, sin embargo, las presiones intraglomerulares más altas provocan daños en la membrana glomerular, lo que provoca la filtración de albúmina en orina en valores superiores a lo normal (<30 mg/24h) (17).

El estándar para la medición de albuminuria es el análisis de orina con tiras reactivas, para lo que se requiere una muestra de orina de la primera mañana en la cual se introduce la tira reactiva que cambia de color si se detecta albúmina en la orina. La ventaja de este método es la detección precoz de microalbuminuria, mientras aun es reversible y prevenir algún daño renal tardío (17).

Las guías KDIGO establecieron una clasificación de los niveles de albuminuria para la detección de daño renal (Tabla 3) (16).

Tabla 3. Albuminuria, KDIGO 2012

Categorías	Descripción	Rangos
A1	Normal a ligeramente elevada	<30 mg/g
A2	Moderadamente elevada	30-300 mg/g
A3	Gravemente elevada	>300 mg/g

Adaptado de Gorostidil 2014 (16)

3. Justificación

La funcionalidad de los riñones puede ser afectada por diversas causas y desafortunadamente las alteraciones renales son condiciones silenciosas que pueden pasar sin detectarse por mucho tiempo. Frecuentemente la Enfermedad Renal Crónica (ERC) se detecta tardíamente, cuando la pérdida de la funcionalidad glomerular es grave y se establece el diagnóstico de insuficiencia renal terminal.

En el día mundial del riñón se mencionó que el 10% de la población está diagnosticada con ERC y el 90% de ellos lo desconoce, por lo anterior es de suma importancia la detección precoz de las alteraciones renales como estrategia de prevención en el desarrollo de la ERC (18).

La insuficiencia renal es una de las patologías más prevalentes en el país, según los datos mostrados por la Global Burden of Disease en 2019 la prevalencia era de 13, 017/100, 000; la etiología es multifactorial, pero destacan la diabetes mellitus y la hipertensión arterial como causas para su desarrollo (19).

Específicamente en el estado de Aguascalientes en los últimos años la prevalencia de la ERC ha ido aumentando constantemente, para el 2020 se reportó una prevalencia de 1997 por millón de población (pmp), siendo la localidad con la incidencia y prevalencia más altas comparando con el resto del país; si bien se ha estudiado ampliamente como consecuencia del alto contenido de metales en el agua potable del estado, así como por el uso de pesticidas en el municipio de Calvillo, aun se observa un porcentaje importante de personas que desarrollan esta patología por causas desconocidas (19, 20).

La evaluación de la composición corporal podría ser una herramienta útil para la detección temprana de las alteraciones de la funcionalidad renal; se sabe que en condiciones de obesidad existe una acumulación de grasa excesiva y se ha descrito que este exceso puede desencadenar daño renal por dos motivos: la obesidad puede desarrollar patologías secundarias como la hipertensión arterial y diabetes;

además de que el exceso de tejido adiposo puede provocar alteraciones anatómicas y hemodinámicas en el sistema renal, en especial la adiposidad visceral (11).

La investigación clínica en población adolescente es escasa, debido principalmente a que este grupo etario es considerado como aparentemente sano, lo que ocasiona que existan pocas estrategias para el tamizaje rutinario de patologías; aun cuando la evidencia científica indica que en esta etapa se pueden prevenir o identificar a tiempo diversas patologías o determinar factores de riesgo que pueden ser los desencadenantes de diversas enfermedades como la ERC.

En la presente investigación se busca establecer bases de referencia sobre la función renal de los adolescentes del Centro de Educación Media de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) y su relación con la composición corporal, marcadores bioquímicos y dietéticos, con la finalidad de conocer la función renal de esta población y las características que pueden influir en el mantenimiento o deterioro de la misma; además que esta información se pueden desarrollar e implementar de estrategias de prevención de esta problemática de salud en el país y en el estado.

4. Planteamiento del problema

Aguascalientes es uno de los estados con mayor incidencia de ERC, en el 2019 la incidencia fue de 336 pmp y la prevalencia en 2020 fue de 1997 pmp. Cabe mencionar que Calvillo es el municipio con mayor prevalencia de ERC, por lo que se han realizado múltiples estudios buscando asociaciones con el contenido del agua, el consumo de la guayaba y el uso de pesticidas (19).

Se ha reportado que entre las causas de ERC en el estado de Aguascalientes se encuentran la diabetes mellitus y la hipertensión arterial, sin embargo, en estudios realizados localmente se ha observado que la etiología más frecuente es de origen desconocido, referida en un 54% de la población estudiada (20).

Se realizó un estudio en Aguascalientes, cuyo objetivo fue determinar la situación actual de ERC en el estado, esto con el propósito de comprender la historia natural de la patología en Aguascalientes y sugerir enfoques para su tratamiento y prevención. Se reportó que uno de los picos más altos de prevalencia de ERC es en la edad de 20 a 40 años. Debido a lo anterior, es importante realizar más investigaciones en adolescentes y así descubrir las causas de ERC en personas jóvenes (20).

La adolescencia es una etapa en la cual se establecen hábitos alimentarios, rutinas escolares, hábitos higiénicos y de ejercicio; así como la influencia de todos los cambios corporales que están presentes, pueden llegar a alterar la función de órganos como el riñón.

Es por esto que surge la necesidad de indagar más sobre factores que pueden desencadenar esta patología de alta prevalencia en el país y así fortalecer estrategias de prevención, identificación y tratamiento.

Con lo anterior se llega a la siguiente pregunta de investigación:

¿La composición corporal y la dieta se asocian con la función renal durante la adolescencia?



5. Hipótesis

- **Hi:** La composición corporal y la dieta se asocian con la función renal durante la adolescencia.
- **Ho:** La composición corporal y la dieta no se asocian con la función renal durante la adolescencia.
- **Ha:** La composición corporal pero no la dieta se asocia con la función renal durante la adolescencia.



6. Objetivos

6.1 Objetivo general

Analizar la relación entre la composición corporal y dieta con la función renal durante la adolescencia.

6.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar la composición corporal de los adolescentes
- ✓ Analizar la dieta de los adolescentes
- ✓ Medir los valores de albuminuria
- ✓ Medir los valores de creatinina y cistatina C en sangre
- ✓ Describir la relación entre la masa muscular y los gramos de proteína con los niveles de creatinina sérica
- ✓ Describir la relación entre la masa muscular y los gramos de proteína con los niveles de microalbuminuria
- ✓ Describir la relación entre la masa muscular y los gramos de proteína con los niveles de cistatina C

7. Material y métodos

7.1 Diseño

Estudio analítico transversal descriptivo observacional

7.2 Población de estudio

Estudiantes del Centro de Educación Media de la UAA, que estén inscritos durante el ciclo escolar en que se lleve a cabo la investigación (2022-2023).

7.3 Selección de la muestra

7.3.1 Tipo de muestreo:

Probabilístico aleatorio simple

7.3.2 Tamaño de la muestra

El cálculo muestral fue basado en la fórmula para una muestra aleatoria simple eq. 2.17 de Lohr SL. Sampling: Design and Analysis, 1st ed. Duxbury Press. 1999.

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 S^2}{e^2 + \frac{z_{\alpha/2}^2 S^2}{N}}$$

La población de ambos bachilleratos es de 3879 alumnos; con una confiabilidad del 94%, el tamaño de muestra calculado es de 250 estudiantes.

7.3.3 Criterios de selección

Criterios de inclusión

- ✓ Individuos de ambos sexos de 14 a 18 años inscritos en el Centro de Educación Media de la UAA.
- ✓ Firma de consentimiento informado por parte de los sujetos y sus tutores.

Criterios de exclusión

- ✓ Sujetos que presenten enfermedad renal diagnosticada.
- ✓ Mujeres embarazadas o en periodo de menstruación.
- ✓ Sujetos con hipertensión o diabetes mellitus.
- ✓ Sujetos con enfermedades tiroideas, cardíacas o cáncer.
- ✓ Sujetos que sean tratados con corticoesteroides, ciclosporina A, trimetoprima, cimetidina y fenofibrato.

Criterios de eliminación

- ✓ Formatos de captura de datos incompletos.
- ✓ Muestras mal procesadas o contaminadas.

7.4 Métodos y técnicas

7.4.1 Composición corporal: Analizador de composición corporal MBCA modelo 514 SECA

Se solicitó al sujeto que acudiera a su medición el día y la hora indicada, llevando un cambio de ropa muy ligera (de preferencia short y playera). Para la medición se le pidió ir al baño a cambiarse de ropa y orinar (si es necesario) para asegurar que la vejiga este vacía y no exista un sesgo en la medición. Previo a la medición se verificó que el paciente no tuviera algún dispositivo médico electrónico (marcapasos, bombas de infusión), trastornos del ritmo cardíaco y en el caso de las mujeres que no estuvieran embarazadas. Se verificó antes de subir al analizador que el sujeto no portará objetos metálicos (anillos, cadenas, pulseras, etc). Se pidió al sujeto que suba al analizador sin zapatos ni calcetines y colocar los pies correctamente en las marcas de los electrodos y que con las manos sujete los electrodos a la altura adecuada para tener una posición cómoda; se cuidó que los pantalones no perturbaran el contacto entre los talones y los electrodos posteriormente se solicitó que no suelte los electrodos y que mantenga la posición sin moverse durante el periodo de la medición. La medición inicio con el paso de una corriente eléctrica de 100 μ A, con frecuencias de medición entre 1 a 1000 kHz, con una frecuencia de red de 50 - 60 Hz, tensión

de red de 100 – 240 V; tuvo una duración máxima de 20 segundos. Al término de la medición, se pidió al sujeto que baje cuidadosamente del analizador. Finalmente se obtuvieron valores de peso, talla, índice de masa corporal, porcentaje y kilogramos de masa grasa y masa magra, grasa visceral, agua corporal total, agua extracelular y ángulo de fase.

7.4.2 Función renal: Creatinina, cistatina C y urea.

Procedimiento de toma de muestra de sangre

1. Seleccionar el sitio de punción. Desinfectarlo y dejarlo secar.
2. Abrir una lanceta estéril a la vista del paciente, verificando posibles defectos en la misma. Puncionar la piel con la lanceta.
3. Desechar la lanceta en un recipiente para material corto punzante.
4. Limpiar la primera gota de sangre con una gasa seca.
5. Si el volumen obtenido es insuficiente, realizar una punción con una nueva lanceta.
6. Homogeneizar adecuadamente el material.
7. Presionar el sitio de punción hasta que el sangrado se detenga. Aplicar vendaje si es necesario.
8. Posteriormente la muestra sanguínea se llevará al laboratorio bioquímico de la Unidad Médico Didáctica para realizar la medición de creatinina y cistatina C.

Técnica ELISA para medir la Cistatina C

1. Prediluir las muestras de suero o plasma al menos 1:200 con buffer ensayo.
2. Realizar dos lavados a la placa con 400 μ L de buffer de lavado en cada pocillo, dejar 10 a 15 segundos y aspirar el contenido entre cada lavado. Vaciar los pocillos y colocar la placa sobre una toalla absorbente para eliminar el exceso de buffer de lavado.
3. Añadir 100 μ L de buffer ensayo por duplicado a todos los pocillos estándar. Pipetear 100 μ L del preparado estándar por duplicado en los pocillos A1 y A2. Mezclar el contenido de los pocillos A1 y A2 mediante aspiración y

eyección repetidas; transferir 100 μL a los pocillos B1 y B2. Continuar este procedimiento 5 veces, creando dos filas de diluciones estándar de Cistatina C humana desde 3000 a 46,9 pg/mL . Desechar 100 μL del contenido de los últimos pocillos

	1	2	3	4
A	Standard 1 (3000 pg/mL)	Standard 1 (3000 pg/mL)	Sample 1	Sample 1
B	Standard 2 (1500 pg/mL)	Standard 2 (1500 pg/mL)	Sample 2	Sample 2
C	Standard 3 (750 pg/mL)	Standard 3 (750 pg/mL)	Sample 3	Sample 3
D	Standard 4 (375 pg/mL)	Standard 4 (375 pg/mL)	Sample 4	Sample 4
E	Standard 5 (187.5 pg/mL)	Standard 5 (187.5 pg/mL)	Sample 5	Sample 5
F	Standard 6 (93.8 pg/mL)	Standard 6 (93.8 pg/mL)	Sample 6	Sample 6
G	Standard 7 (46.9 pg/mL)	Standard 7 (46.9 pg/mL)	Sample 7	Sample 7
H	Blank	Blank	Sample 8	Sample 8

4. Añadir 100 μL de buffer de ensayo por duplicado a los pocillos vacíos
5. Agregar 30 μL de buffer de ensayo a los pocillos de muestra
6. Agregar 10 μL de cada muestra pre diluida por duplicado a los pocillos de muestra
7. Preparar el conjugado de HRP (dilución 1:100 de la solución concentrada de conjugado de HRP con buffer de ensayo en un tubo limpio) y agregar 50 μL a todos los pocillos, incluso los pocillos vacíos
8. Cubrir con una película adhesiva e incubar a temperatura ambiente (18 a 25°C) durante 2 horas, en un agitador de microplacas.
9. Retirar la película adhesiva y vaciar los pocillos. Realizar 3 lavados a la placa.
10. Pipetear 100 μL de solución de sustrato TMB en todos los pocillos.
11. Incubar la placa a temperatura ambiente durante 30 minutos, evitar exposición directa a la luz intensa.
12. Detener la reacción enzimática pipeteando rápidamente 100 μL de solución, distribuyendo rápida y uniformemente por los micropocillos para inactivar completamente la enzima. Los resultados deben leerse inmediatamente después de añadir la solución o en el plazo de una hora (almacenar la placa a 2-8 °C en la oscuridad)

13. Leer la absorbancia de cada pocillo en un espectrofotómetro usando 450 nm como longitud de onda primaria.
14. Valor de referencia: 0,58-0,92 mg/L

Reacción de Jaffé para medir la creatinina

1. Precalear el reactivo de trabajo y e instrumento a 37°C
2. Pipetear en una cubeta:

Reactivo de trabajo	1,0 mL
Patron (S) o Muestra	0,1 mL

3. Mezclar e insertar la cubeta en el fotómetro. Poner el cronómetro en marcha
4. Leer la absorbancia a 500 nm después de 30 segundos (A₁) y de 90 segundos (A₂)
5. La concentración de creatinina en la muestra se calcula a partir de la siguiente formula general:

$$\frac{A_2 - A_1 \text{ Muestra}}{A_2 - A_1 \text{ Patrón}} \times C \text{ Patrón} \times \text{Factor dilución muestra} - \text{Factor correctivo} = C \text{ Muestra}$$

6. Valores de referencia

Método	Jaffé no compensado	Jaffé compensado
Hombres	0,9 – 1,3 mg/dL	0,7 – 1,2 mg/dL
Mujeres	0,6 – 1,1 mg/dL	0,5 – 0,9 mg/dL

Técnica para medir Urea

1. Precalear el reactivo de trabajo y el fotómetro a 37°C.
2. Pipetear en una cubeta:

Reactivo de trabajo	1,5 mL
Patron (S) o Muestra	10 µL

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
3. Mezclar e insertar la cubeta en el fotómetro. Poner el cronómetro en marcha
 4. Anotar la absorbancia a 340 nm a los 30 segundos (A_1) y a los 90 segundos (A_2)

7.4.3 Función renal: Albuminuria

La medición de la microalbuminuria se realizó mediante prueba de tiras reactivas, por lo que se solicitó al individuo una muestra de orina y posteriormente se aseguró que la muestra y las tiras se encuentren a temperatura ambiente (15-30°C).

1. Retirar la tira del tubo cerrado y utilizar lo antes posible. De inmediato cerrar el tubo ajustadamente una vez que se haya retirado el número de tiras necesarias. Sumergir por completo el área reactiva de la tira en el recipiente de la orina fresca bien mezclada e inmediatamente sacarla del recipiente para evitar que los reactivos se disuelvan.
2. Al remover la tira de orina, correr el filo de la tira contra el borde del recipiente de la orina para desechar el exceso de orina. Sostener la tira en una posición horizontal y contactar el filo de la tira con un material absorbente (toalla de papel) para evitar que los químicos se mezclen con reactivos de áreas adyacentes y/o se ensucien las manos con la orina.
3. Comparar las áreas reactivas con la correspondiente tabla de colores que se encuentra en el rotulado del tubo en el tiempo especificado. Sostener la tira cerca de la tabla de color y comparar cuidadosamente

Nota: Los resultados se pueden leer hasta 2 minutos después del tiempo especificado

7.4.4 Evaluación dietética: Recordatorio de 24 horas

Se realizó un cuestionario a los adolescentes el cual consistió en preguntar que alimentos consumieron en las 24 horas anteriores, incluyendo cantidades, métodos de cocción y horarios. Se utilizaron medidas caseras de alimentos estandarizadas y réplicas de alimentos para obtener una información precisa sobre la ingesta calórica y de macro nutrientes; dicho cuestionario se realizó en 3 días distintos durante una semana (incluyendo un día de fin de semana). Posteriormente se analizó la información en el software Nutrikcal para obtener la cantidad de calorías, proteína, hidratos de carbono y lípidos que ingieren los adolescentes en promedio.

7.5 Plan general

1. Se solicitó el acceso a los dos planteles del Centro de Educación Media de la UAA para realizar el estudio.
2. Se seleccionó la muestra de estudio verificando que cumplieran con los criterios de inclusión; posteriormente se les hizo una invitación para participar en el estudio y si aceptaron, debieron firmar una carta de consentimiento informado al igual que sus tutores, para confirmar que están de acuerdo con su participación en el estudio.
3. Se aplicó a los sujetos un cuestionario para la obtención de datos relevantes para la investigación y posteriormente se agendó una cita para realizar las mediciones correspondientes.
4. En primera instancia se midió la composición corporal de los adolescentes y se tomó la muestra de orina en el laboratorio de composición corporal de la UAA, ubicado en el edificio 213, además de que con el apoyo de los estudiantes de la Licenciatura en Nutrición se realizaron los 3 cuestionarios (Recordatorio de 24 horas) en distintos días de la semana para valorar la dieta habitual de los adolescentes.
5. Posterior al análisis de las muestras de orina se detectó que algunos sujetos presentaron niveles de albuminuria elevados, por lo que se seleccionaron 80 sujetos para tomar la muestra sanguínea para evaluar otros parámetros de la funcionalidad renal, con los siguientes criterios: 19 sujetos con niveles de

microalbuminuria >30mg/dL, 31 sujetos con albuminuria de 15 mg/dL y porcentaje de grasa dentro de la normalidad; y 30 sujetos con albuminuria de 15 mg/dL y porcentaje de grasa elevado. Se realizó el análisis de muestras sanguíneas.

6. Se entregaron los resultados obtenidos a los sujetos, reportando si presentaban alguna anomalía de los parámetros medidos y sugiriendo acudir a revisión médica.

7.6 Recursos

✓ Humanos

Dra. en C.M. Judith Martín del Campo Cervantes, LN. Fernanda Stephanie Espinoza López, Dr. Ricardo Ernesto Ramírez Orozco, Mtra. Carla Patricia García Luque, Dr. Luis Fernando Barba Gallardo, técnicos de laboratorio, estudiantes de la Licenciatura en Nutrición y pasantes de servicio social de la Licenciatura en Médico cirujano.

Participante	Actividad o función
L.N. Fernanda Stephanie Espinoza López	Reclutamiento, visita a los bachilleratos, aplicación cuestionarios, evaluación antropométrica y dietética, análisis de muestras de sangre y orina.
Dra. en C.M. Judith Martín del Campo Cervantes	Asesoría, capacitación y estandarización, redacción de tesis y artículo de investigación
Dr. Ricardo Ernesto Ramírez Orozco	Asesoría, capacitación y redacción de tesis y artículo de investigación
Mtra. Carla Patricia García Luque	Asesoría, capacitación y redacción de tesis y artículo de investigación
Dr. Luis Fernando Barba Gallardo	Asesoría, capacitación y redacción de tesis y artículo de investigación

Mtra. Claudia Berenice Barrón García Dra. Mayra Macedo Mendoza	Apoyo en la realización de técnica ELISA
Estudiantes de la Licenciatura en Nutrición	Reclutamiento de la muestra y evaluación dietética
Pasantes de la Licenciatura en Médico Cirujano	Apoyo en la obtención de muestra sanguínea

✓ **Materiales**

Báscula de composición corporal modelo MBCA 514 marca SECA, tubos para muestra de sangre, tubos para muestra de orina, agujas para punción venosa, tiras reactivas para microalbuminuria (Mission), kit ELISA para cistatina C humana (Invitrogen), kit para determinación de creatinina (BioSystems), kit para determinación de urea (BioSystems), kit para determinación de glucosa (BioSystems), software NUTRIKCAL, papelería.

✓ **Económicos**

Kit ELISA para cistatina C humana \$31,651.02

Tiras reactivas de uroanálisis \$361.92

Envases estériles para muestra de orina \$4.64 por pieza

Tubos para muestra de sangre: Donados por el laboratorio de la UMD.

Kit determinación en suero de creatinina \$2000.00

Kit determinación de glucosa \$683.00

Kit determinación de urea \$1,105.59

Consideraciones éticas

El protocolo de investigación fue sometido al comité de ética e investigación de la Universidad Autónoma de Aguascalientes para su aprobación; la investigación se planeó siguiendo los criterios de la declaración de Helsinki y la Ley General de

Salud. Los participantes y sus tutores firmaron una carta de consentimiento informado para demostrar su participación voluntaria en el estudio (Anexo 1).

7.7 Plan de análisis estadístico

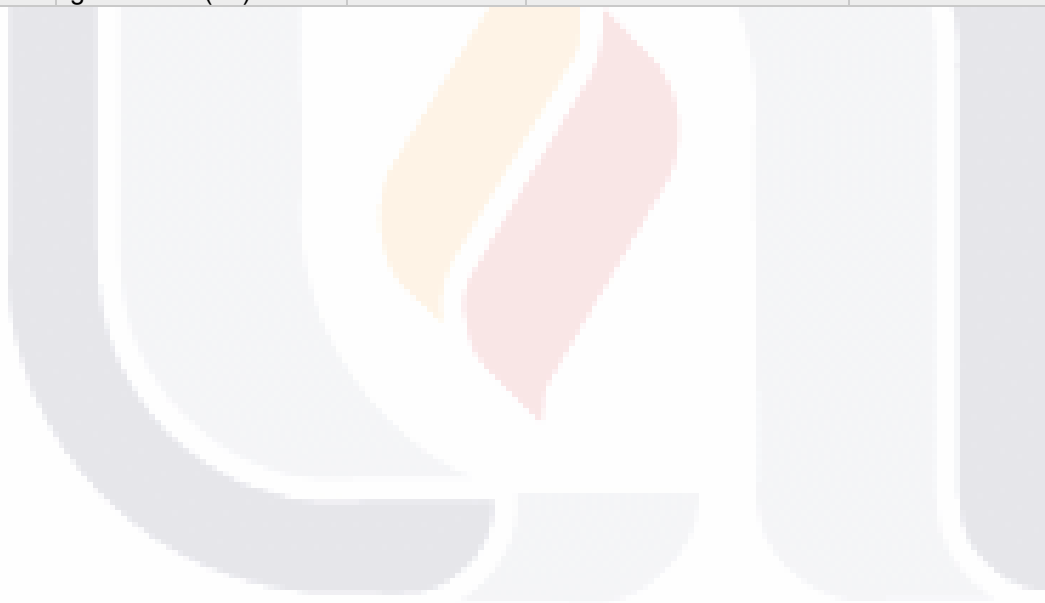
Para desarrollar el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS versión 21, a todas las variables se les aplicó estadística descriptiva; para evaluar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se utilizó la prueba U-Mann Whitney para evaluar diferencias de todas las variables entre el grupo control y grupo albuminuria; se realizó en hombres, mujeres y población total. Esta prueba también se empleó para evaluar diferencias en los niveles de Cistatina C entre grupo control versus grupo albuminuria en población con porcentaje de grasa corporal normal y porcentaje de grasa corporal elevado. Finalmente se utilizó la prueba de correlación se Spearman, haciendo correlaciones de todas las variables de composición corporal, funcionalidad renal y evaluación dietética. El nivel de significancia definido fue de $p < 0.05$.

8. Operacionalización de variables

- Variable independiente: Composición corporal y macronutrientos
- Variable dependiente: Función renal
- Variables de confusión: Edad, sexo, peso, talla, IMC, ejercicio, cantidad de agua consumida

Variable	Definición	Tipo de variable	Indicadores	Unidades	Escala de medición
Composición corporal	Valoración de los componentes corporales mediante medidas (1)	Cuantitativa discreta	Masa muscular Masa grasa	NA	NA
Masa muscular	Compartimento de la composición corporal que refiere a la cantidad de músculo esquelético (3)	Cuantitativa continua		Porcentaje Kg	Razón
Masa grasa	Compartimento de la composición corporal que refiere al conjunto de lípidos que se encuentran en el organismo (3)	Cuantitativa continua		Porcentaje Kg	Razón

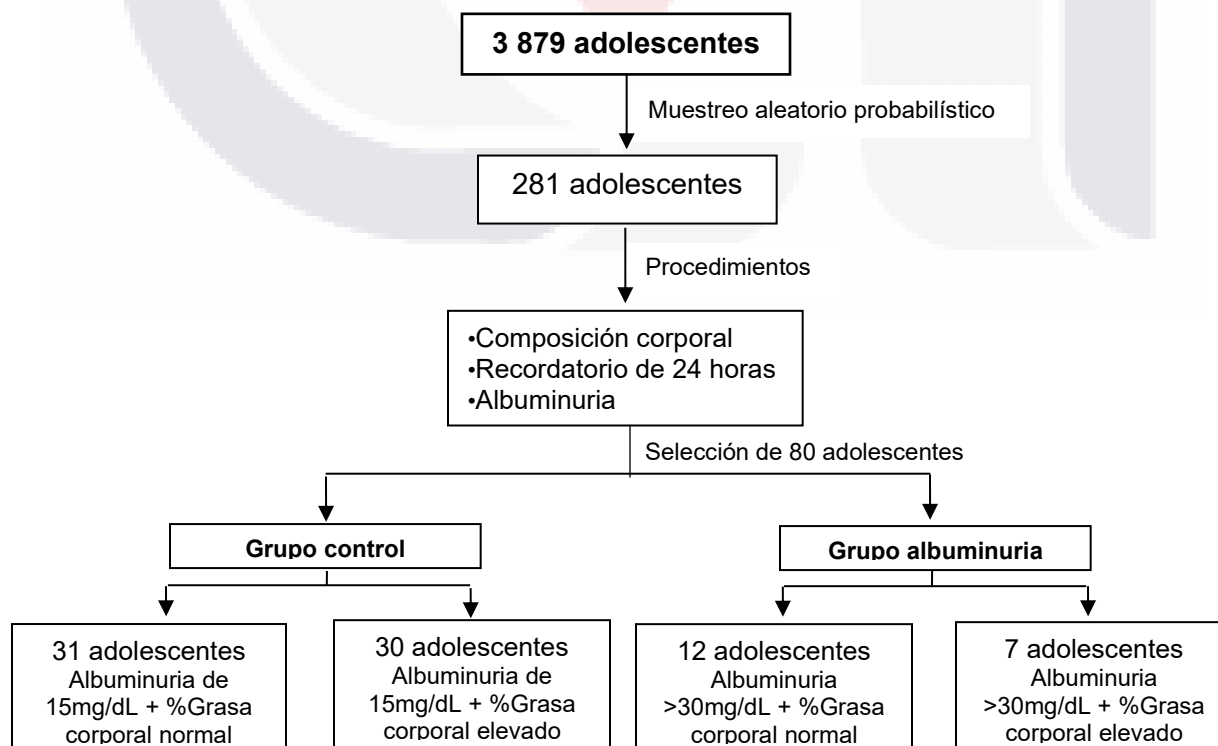
Proteínas dietéticas	Cantidad de proteína ingerida a través de los alimentos (13)	Cuantitativa continua	Mujeres: 46 g/día Hombres: 59 g/día	Gramos	Razón
Función renal	Actividad que realizan los riñones adecuadamente para mantener el equilibrio fisiológico(21)	Cuantitativa discreta	Creatinina Cistatina C Microalbuminuria TFG	NA	NA
Creatinina	Molécula pequeña que es producto final del metabolismo de la creatina (15)	Cuantitativa continua	0.5 a 1 mg/dl	mg/dl	Razón
Cistatina C	Proteína de bajo peso molecular que se encuentra en todas las células (14)	Cuantitativa continua	0,58 a 0,92 mg/dl	mg/dl	Razón
Microalbuminuria	Cantidad anormal de albúmina en la orina (17)	Cuantitativa continua	30 a 300 mg/g	mg/g	Razón
Tasa de Filtración Glomerular	Resultado del paso de líquido a través de la membrana glomerular (14)	Cuantitativa continua	≥90 ml/min/1,73m ²	ml/min/1,73m ²	Razón



9. Resultados

9.1 Características generales de la población

Se evaluaron a 281 adolescentes de un bachillerato del estado de Aguascalientes, de los cuales el 58.1% (n=163) fueron mujeres y el 41.9% (n=118) hombres, la edad promedio fue 16.37 años (DE±0.97 años). El 59.7% (n=168) de la población pertenecieron al plantel oriente y el 54.4% (n=153) de los estudiantes se encontraban inscritos en el turno matutino. Se realizó el análisis de la composición corporal, la evaluación dietética y se midieron los niveles de albuminuria; se observó que 19 sujetos (6.76%) presentaron niveles de albúmina en orina mayores a 30 mg/dL, lo cual se clasificó como microalbuminuria. Se seleccionaron a 80 adolescentes para medir otros parámetros de funcionalidad renal, los cuales se clasificaron en grupo control y grupo albuminuria; en el grupo control se incluyó a 61 participantes, de los cuales 30 sujetos (37.5%) presentaron 15 mg/dL de albuminuria y porcentaje de grasa corporal elevado y 31 sujetos (38.75%) presentaron 15 mg/dL de albuminuria y porcentaje de grasa corporal normal. En el grupo albuminuria se clasificaron a 19 sujetos (23.75%) con niveles de albúmina en orina >30mg/dL, de los cuales 12 participantes (63.15%) presentaron porcentaje de grasa corporal normal y 7 participantes (36.84%) porcentaje de grasa corporal elevado (Figura 3).



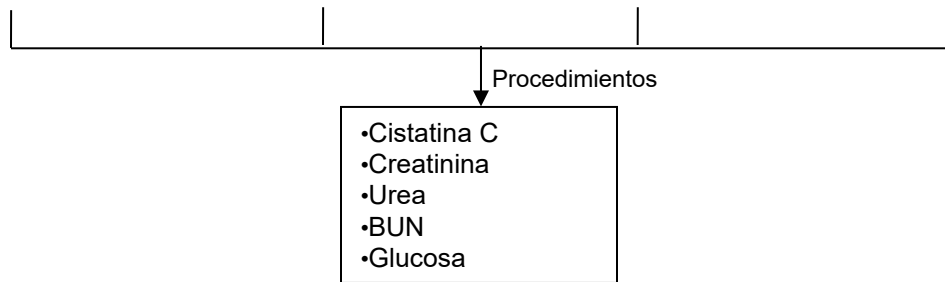


Figura 3. Diagrama de selección y procedimientos de la muestra

En la muestra seleccionada de 80 adolescentes el 60% (n=48) fueron mujeres y el 40% (n=32) hombres. En el análisis de la composición corporal se observó que en el género femenino no hubo diferencias entre el grupo control y el grupo albuminuria en los valores de las variables peso, talla, índice de masa corporal, masa grasa, masa magra, grasa visceral, masa muscular esquelética, agua corporal total, agua extracelular y ángulo de fase, sin embargo, en el género masculino se detectó que el peso fue menor en el grupo de albuminuria respecto al grupo control ($p < 0.01$), así como los kilogramos de masa magra y la masa muscular esquelética, además se observó que el agua corporal total y el agua extracelular fueron mayores en el grupo de albuminuria ($p = 0.01$, $p = 0.03$). En la comparación entre grupos de la población total se observó que el grupo control presentó 8 kg más de peso corporal y 0.5 kg de grasa visceral que el grupo con albuminuria ($p < 0.02$) (Tabla 4).

9.2 Niveles de cistatina C y tasa de filtración glomerular de los adolescentes

Se midieron los niveles de parámetros bioquímicos que sirven como indicadores de funcionalidad renal, y solamente se observó que los niveles de glucosa fueron menores en el grupo de albuminuria en mujeres y en población total ($p = 0.01$, $p < 0.01$), sin embargo, es importante mencionar que dos mujeres presentaron niveles de creatinina por arriba de la normalidad y un hombre tuvo un nivel elevado de urea. Además de que los valores de la tasa de filtrado glomerular se encontraron por debajo de la normalidad en hombres, mujeres y en la población total (Tabla 5). Los valores de cistatina C se encontraron fuera de la normalidad con una mediana de

1.4 mg/dL en el grupo control y 1.6 mg/dL en el grupo albuminuria, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el grupo control versus el grupo de albuminuria, así como en sujetos con porcentaje de grasa corporal normal o elevado (Figura 4).

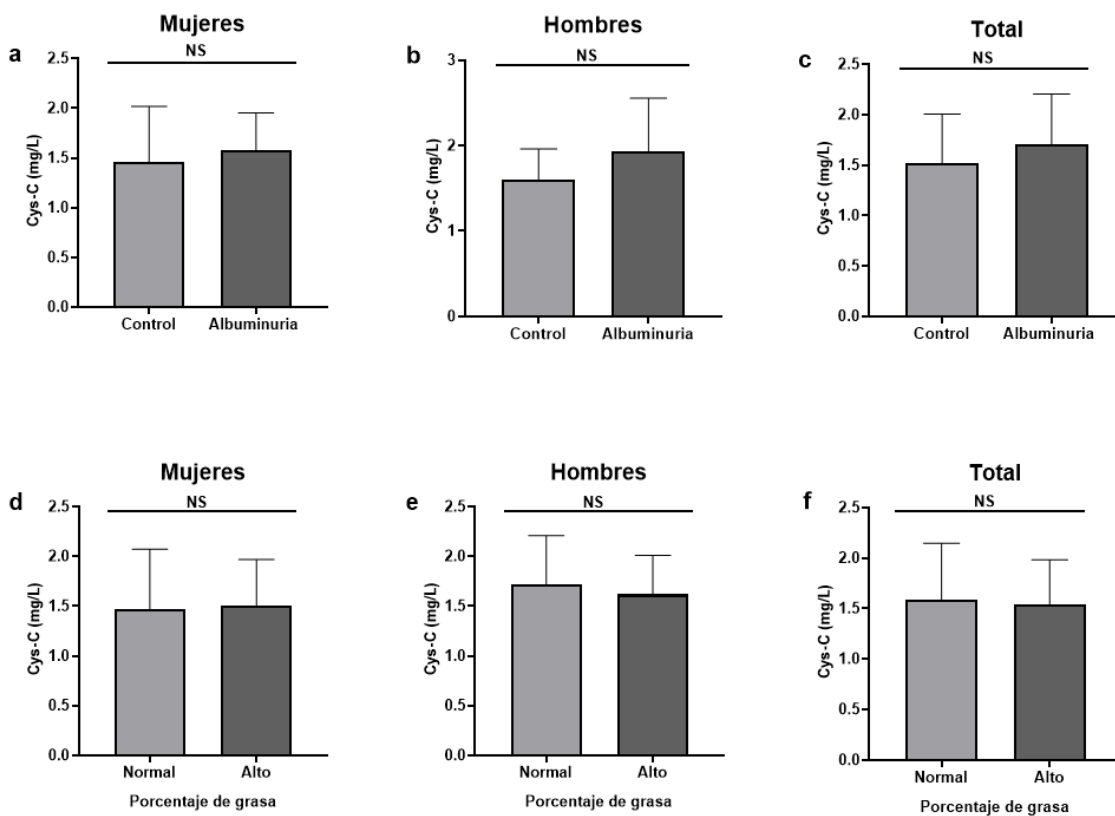


Figura 4. Niveles de Cistatina C. Prueba estadística utilizada U-Mann Whitney. (n=80)

Tabla 4. Composición corporal de adolescentes

	Hombres			Mujeres			Total		
	Control n=25	Albuminuria n=7	P	Control n=36	Albuminuria n= 12	P	Control n= 61	Albuminuria n=19	P
Peso (kg)	78.0 (65.7-85.1)	59.8 (51.3-65.0)	0.00**	63.0 (53.1-73.8)	64.3 (51.8-72.1)	0.6	69.1 (57.9-79.1)	61.1 (51.3-69.0)	0.01*
Talla (m)	1.70 (1.68-1.77)	1.70 (1.69-1.73)	0.5	1.58 (1.54-1.64)	1.61 (1.54-1.64)	0.8	1.67 (1.56-1.70)	1.64 (1.56-1.69)	0.6
IMC (kg/m²)	26.1 (22.4-28.0)	19.3 (17.7-22.7)	0.00**	25.6 (21.4-28.9)	24.4 (20.0-27.7)	0.5	25.9 (21.7-28.6)	22.7 (19.0-25.7)	0.02*
MG (%)	22.7 (16.3-29.0)	10.0 (7.5-17.7)	0.1	36.8 (28.8-41.5)	34.4 (25.5-38.7)	0.5	30.2 (22.1-39.0)	27.0 (13.2-37.1)	0.2
GV (kg)	2.1 (1.35-2.9)	1.1 (1.1-1.3)	0.1	1.4 (1.2-2.0)	1.4 (1.1-1.9)	0.6	1.7 (1.3-2.3)	1.2 (1.1-1.9)	0.02*
MM (Kg)	58.2 (54.-62.3)	50.3 (44.2-53.5)	0.00**	41.2 (37.9-44.3)	40.5 (37.7-43.4)	0.7	45.2 (39.3-57.1)	43.1 (39.9-47.5)	0.1
MM (%)	77.3 (70.9-83.6)	90.0 (82.3-92.5)	0.1	63.1 (58.0-69.8)	65.5 (61.2-74.4)	0.4	68.5 (60.2-77.8)	73.0 (62.9-86.8)	0.1
MME (Kg)	27.8 (25.6-30.0)	23.4 (21.5-24.6)	0.00**	18.2 (15.7-19.7)	17.7 (16.0-18.9)	0.5	20.4 (17.1-27.2)	18.5 (17.3-22.3)	0.1
ACT (%)	56.6 (51.7-59.7)	64.6 (59.6-66.3)	0.01*	46.2 (43.4-51.8)	47.9 (44.6-53.7)	0.6	50.3 (44.2-56.7)	52.4 (45.9-62.1)	0.3
AE (%)	21.9 (20.8-24.1)	25.1 (24.1-25.4)	0.03*	20.0 (18.4-21.8)	21.0 (19.5-22.4)	0.4	21.0 (19.1-22.9)	22.0 (20.2-24.9)	0.1
AF (°)	5.8 (5.3-6.3)	5.5 (5.1-5.8)	0.1	5.0 (4.7-5.4)	5.0 (4.4-5.2)	0.2	5.3 (4.9-5.7)	5.2 (4.7-5.4)	0.1

Los datos son representados en mediana (RIQ 25%-75%). Prueba estadística utilizada: U-Mann Whitney. IMC: Índice de masa corporal; MG: Masa grasa; GV: Grasa visceral; MM: Masa magra; MME: Masa muscular esquelética; ACT: Agua corporal total; AE: Agua extracelular; AF: Ángulo de fase; %: Porcentaje; Kg: Kilogramos. (n=80)

*: P<0.05; **: P<0.01; ***: P<0.001

Tabla 5. Análisis bioquímico de adolescentes

	Hombres			Mujeres			Total		
	Control n=25	Albuminuria n=7	P	Control n=36	Albuminuria n= 12	P	Control n= 61	Albuminuria n=19	P
Hg (g/dL)	16.5 (16.0-17.1)	16.4 (15.7-17.1)	0.5	15.0 (14.2-15.9)	15.0 (13.9-15.6)	0.7	15.8 (14.7-16.5)	15.6 (14.8-16.4)	0.4
Hto (%)	49.0 (47-50.5)	48.0 (46.0-50.0)	0.5	44.0 (42.0-47.0)	44.0 (41.0-46.0)	0.5	46.0 (43.5-49.0)	46.0 (41.0-48.0)	0.3
Creatinina (mg/dL)	1.1 (1-1.2)	1.1 (1.0-1.3)	0.6	0.9 (0.8-1.0)	0.9 (0.9-1.0)	0.8	1.0 (0.9-1.1)	1.0 (0.9-1.1)	0.9
Urea (mg/dL)	25.4 (23.2-33.65)	25.4 (21.2-33.4)	0.5	22.9 (19.5-26.4)	21.2 (17.9-26.9)	0.4	24.1 (20.7-29.2)	22.6 (19.3-27.6)	0.2
BUN mg/dL)	11.8 (10.83-15.7)	11.85 (9.8-15.5)	0.5	10.6 (9.1-12.3)	9.9 (8.3-12.5)	0.4	11.2 (9.6-13.6)	10.5 (9.0-12.8)	0.2
Glucosa (mg/dL)	92.0 (87.5-99.0)	88.0 (71.0-96.0)	0.3	91.5 (82.2-95.7)	83 (80.0-87.5)	0.01*	92.0 (84.5-97.0)	84.0 (80.0-92.0)	0.00**
Cys-C (mg/dL)	1.5 (1.4-1.7)	1.9 (1.3-2.3)	0.3	1.3 (1.2-1.4)	1.5 (1.3-1.8)	0.1	1.4 (1.2-1.6)	1.6 (1.3-2.1)	0.1
TFG (ml/min/1.73m²)	63.6 (61.2-71.6)	63.5 (54.9-71.7)	0.5	72.1 (66.7-77.7)	72.5 (67.5-75.9)	0.7	69.7 (62.9-76.2)	70.2 (63.5-74.4)	0.8

Los datos son representados en mediana (RIQ 25%-75%). Prueba estadística utilizada U-Mann Whitney. Hg: Hemoglobina; Hto: Hematocrito; BUN: Nitrógeno ureico en sangre; Cys-C: Cistatina C; TFG: Tasa de filtración glomerular. (n=80)

*: P<0.05; **: P<0.01; ***: P<0.001

9.3 Características de la dieta de los adolescentes

En la evaluación del consumo dietético de los adolescentes, se observó que la ingesta de proteína fue más alta en hombres que en mujeres, además de que en la población total se describieron dietas hiperproteicas. Por otra parte, el consumo de hidratos de carbono fue insuficiente acorde al porcentaje recomendado y el porcentaje de lípidos fue más elevado. Respecto al consumo de agua, se observó que el grupo de albuminuria en hombres y en mujeres tuvo un menor consumo al día ($p=0.03$, $p=0.2$), además dicho consumo está por debajo de la cantidad promedio recomendada; el consumo de bebidas endulzadas y carbonatadas fue más elevado en el grupo de albuminuria en comparación con el grupo control (Tabla 6).

9.4 Asociaciones entre la composición corporal y la dieta con la funcionalidad renal de los adolescentes

Al evaluar las correlaciones entre la composición corporal y la dieta con la funcionalidad renal, se observó una leve asociación entre el ángulo de fase y la TFG ($r=-0.5004$, $p<0.0001$); el agua corporal total y la TFG ($r=-0.3288$, $p=0.0029$); el agua extracelular y la TFG ($r=-0.2263$, $p=0.0436$) en la población total (Tabla 7). Por otra parte, en mujeres se detectó una leve asociación entre el agua corporal y la urea ($r=0.4278$, $p=0.0024$); en hombres entre el ángulo de fase y la urea ($r=0.3902$, $p=0.0272$) (Tabla 8).

Finalmente, se observó una leve correlación entre el ángulo de fase y la TFG en hombres ($r=-0.6345$, $p<0.0001$), mientras que en el caso de las mujeres fue entre la grasa visceral y la urea ($r=-0.5249$, $p=0.0001$), además de que en la población total se detectó una leve correlación entre la masa muscular esquelética y los niveles de creatinina en suero ($r=0.6052$, $p<0.0001$) (Figura 5).

Tabla 6. Análisis dietético de adolescentes

	Hombres			Mujeres			Total		
	Control n=25	Albuminuria n=7	P	Control n=36	Albuminuria n= 12	P	Control n= 61	Albuminuria n=19	P
Kcal	2431 (1766.8-2826.8)	1796.7 (1383.7-2807.3)	0.3	1697.5 (1436.8-2009.8)	1943.7 (1660.0-2211.1)	0.2	1832.7 (1542.0-2450.5)	1814.7 (1637.7-2213.0)	0.9
Proteínas (g/día)	108.1 (80.3-129.8)	69.2 (56.8-95.1)	0.00**	71.1 (51.9-80.7)	80.6 (63.5-94.2)	0.1	78.3 (58.0-107.2)	73.8 (60.7-95.0)	0.4
HC (g/día)	238.5 (170.9-280.2)	232.8 (169.2-339.6)	0.9	190.1 (155.9-235.3)	209.8 (186.4-255.5)	0.2	207.7 (165.9-251.2)	216.2 (182.9-263.1)	0.4
Lípidos (g/día)	95.7 (73.25-95.7)	70.8 (59.5-108.4)	0.1	75.7 (60.3-90.5)	81.5 (67.6-94.1)	0.4	81.7 (66.8-104.5)	81.2 (64.6-96.6)	0.6
Proteínas (%)	18.1 (16.2-20.1)	14.0 (13.5-16.2)	0.00**	16.4 (13.7-18.3)	16.7 (14.6-17.7)	0.6	17.0 (14.5-18.9)	15.4 (14.0-17.5)	0.07
HC (%)	43.0 (35.5-46.0)	49.1 (47.9-54.0)	0.00**	46.2 (42.5-51.1)	46.7 (41.4-54.0)	0.7	44.4 (40.6-48.7)	48.3 (44.6-54.0)	0.03*
Lípidos (%)	39.3 (35.1-43.0)	35.4 (31.8-39.6)	0.1	39.0 (36.8-41.3)	37.4 (32.9-41.4)	0.5	39.3 (35.4-41.7)	36.7 (32.1-41.4)	0.2
Proteínas (g/kg)	1.3 (1.0-1.8)	1.3 (1.1-1.5)	0.6	1.1 (0.7-1.4)	1.2 (0.9-1.7)	0.2	1.2 (0.8-1.4)	1.2 (0.9-1.5)	0.6
HC (g/kg)	3.3 (2.0-4.1)	4.4 (2.9-5.6)	0.1	3.0 (2.4-4.2)	3.2 (2.7-4.7)	0.2	3.0 (2.2-4.1)	3.3 (2.9-5.5)	0.06
Lípidos (g/kg)	1.3 (0.8-1.9)	1.5 (0.9-1.6)	0.7	1.1 (0.8-1.6)	1.2 (1.0-1.6)	0.4	1.2 (0.8-1.6)	1.2 (1.0-1.6)	0.4
Agua (L/día)	2 (1.5-3)	1 (1-2)	0.03*	2 (1-2)	1.5 (1-1.5)	0.2	2 (1-2)	1.5 (1-1.5)	0.02*
Bebidas endulzadas y carbonatadas (ml/día)	200 (0-550)	250 (0-600)	0.5	245 (0-500)	375 (238.7-500)	0.2	240 (0-500)	250 (235-500)	0.2

Los datos son representados en mediana (RIQ 25%-75%). Prueba estadística utilizada: U-Mann Whitney. Kcal: Calorías; HC: Hidratos de carbono; %: Porcentaje; Kg: Kilogramos; g: Gramos; L: Litros. (n=80)

*: P<0.05; **: P<0.01; ***: P<0.001

Tabla 7. Asociación de la composición corporal y factores dietéticos con la funcionalidad renal en población total

Variables	(r, p)
MG (Kg) Vs BUN	-0.44, <0.0001
MG (Kg) Vs TFG	-0.29, 0.007
MM (Kg) Vs Cr	0.59, <0.0001
MM (Kg) Vs TFG	-0.32, 0.003
MME (Kg) Vs TFG	-0.32, 0.003
GV Vs Urea	-0.27, 0.01
GV Vs BUN	-0.27, 0.01
ACT (%) Vs Cr	0.46, <0.0001
ACT (%) Vs Urea	0.48, <0.0001
ACT (%) Vs BUN	0.48, <0.0001
ACT (%) Vs TFG	-0.32, 0.002
AE (%) Vs Cr	0.34, 0.001
AE (%) Vs Urea	0.46, <0.0001
AE (%) Vs BUN	0.46, <0.0001
AE (%) Vs TFG	-0.22, 0.04
AF Vs Cys-C	0.25, 0.02
AF Vs Cr	0.54, <0.0001
AF Vs TFG	-0.50, <0.0001
Proteína (g/día) Vs Cr	0.41, <0.0001
Proteína (g/día) Vs Urea	0.31, 0.004
Proteína (g/día) Vs BUN	0.31, 0.004
Proteína (g/día) Vs TFG	-0.27, 0.01

Análisis de datos con coeficiente de correlación de Spearman en población total. MG: Masa grasa; BUN: Nitrógeno ureico en sangre; TFG: Tasa de filtración glomerular; MM: Masa magra; MME: Masa muscular esquelética; GV: Grasa Visceral; ACT: Agua corporal total; Cr: Creatinina; AE: Agua extracelular; Cys-C: Cistatina C; AF: Ángulo de fase; Kg: Kilogramos; %: Porcentaje; g: Gramos; Vs: Versus. (n=80)

Tabla 8. Asociación de la composición corporal y factores dietéticos con la funcionalidad renal por sexo

Variables	(r, P)
Mujeres	
MG (Kg) Vs BUN	-0.47, 0.0006
MG (Kg) Vs Urea	-0.47, 0.0006
MME (kg) Vs Urea	-0.39, 0.005
MME (Kg) Vs BUN	-0.39, 0.005
ACT (%) Vs Urea	0.42, 0.002
ACT (%) Vs BUN	0.42, 0.002
Proteína (g/día) Vs Cr	0.31, 0.02
Hombres	
AF Vs Urea	0.39, 0.02
AF Vs BUN	0.39, 0.02

Análisis de datos con coeficiente de correlación de Spearman estratificado por sexo. MG: Masa grasa; BUN: Nitrógeno ureico en sangre; MME: Masa muscular esquelética; ACT: Agua corporal total; Cr: Creatinina; AF: Ángulo de fase; Kg: Kilogramos; %: Porcentaje; g: Gramos; Vs: Versus. (n=80)

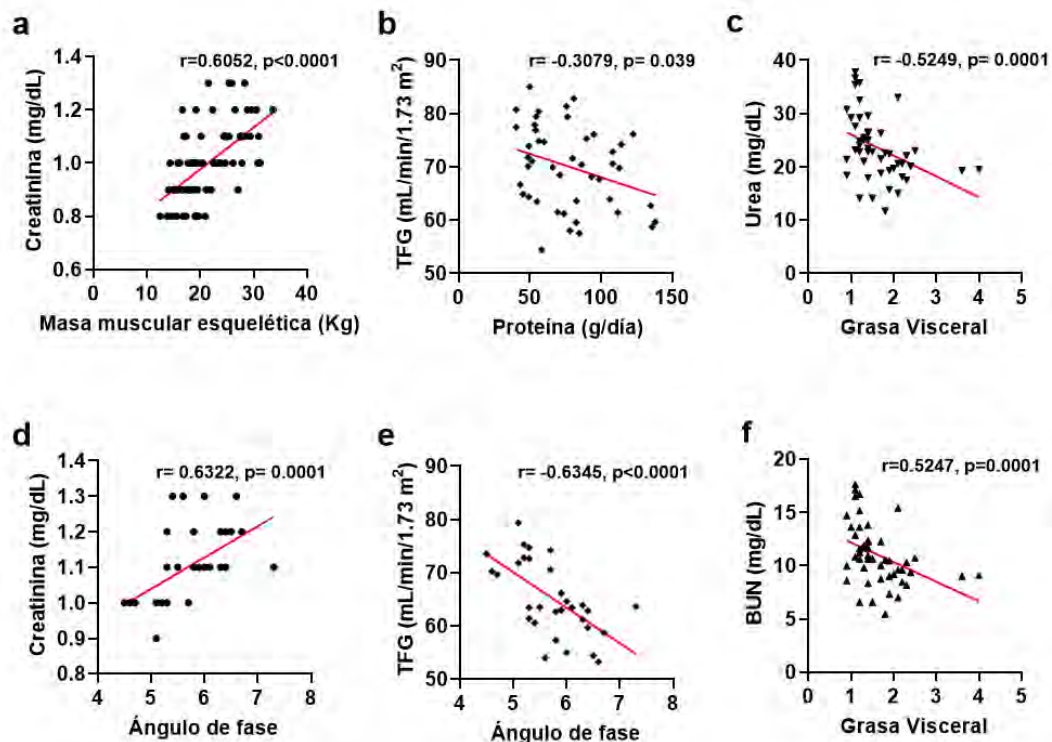


Figura 5. Asociación entre composición corporal y la dieta con funcionalidad renal. Prueba estadística utilizada: coeficiente de correlación de Spearman. **a:** Correlación realizada en población total; **b:** Correlación realizada en población con porcentaje de grasa corporal alto; **c:** Correlación realizada en mujeres; **d:** Correlación realizada en mujeres; **e:** Correlación realizada en hombres; **f:** Correlación realizada en mujeres; BUN: Nitrógeno ureico en sangre; TFG: Tasa de filtración glomerular. (n=80)

10. Discusión

La ERC es una problemática de salud en el país, específicamente en el estado de Aguascalientes se ha determinado que es una zona endémica para dicha patología (19) a causa de diversas situaciones entre ellas el alto contenido de metales pesados en el agua potable, sin embargo, Gutiérrez Peña y colaboradores (20) describieron que el 54% de la población que presenta ERC en Aguascalientes tiene un origen desconocido y presenta el pico más alto de prevalencia entre los 20 a 40 años de edad.

Al evaluar la composición corporal de la población estudiada se observó que en el género masculino, el grupo albuminuria presentó menor masa magra y masa muscular esquelética respecto al grupo control; se ha descrito que los pacientes con ERC presentan una pérdida progresiva de masa muscular a consecuencia del aumento de los mecanismos de degradación del músculo por estrés oxidativo, acidosis metabólica e inflamación; así como lo reportaron Karava y colaboradores (22) quienes evaluaron la composición corporal de pacientes pediátricos con ERC en los diferentes estadios, reportando que los pacientes que se encontraban en el estadio 5 presentaban menor peso corporal y masa libre de grasa. Por otro lado, Ruperto y colaboradores (23) evaluaron la composición corporal de adultos en estadio 4 y 5, y reportaron que la masa muscular también era menor conforme la enfermedad se encuentra en estadios más avanzados. Estos resultados son parecidos a los encontrados en la población estudiada, en donde el grupo que ya presentaba alteraciones en la albúmina en orina tenía menor cantidad de masa muscular, por lo que se puede inferir que a inicios tempranos de las alteraciones renales ya se empieza a modificar la composición corporal de los adolescentes.

El agua corporal es otro compartimento que se estudia en la composición corporal, mismo que fue evaluado en el presente estudio y se observó que en el género masculino el grupo con albuminuria presentó mayores niveles de agua corporal total y agua extracelular, se ha descrito que la función renal reducida provoca una reducción en la excreción de sodio y agua, generando como consecuencia una sobrecarga de volumen; tal y como lo reportaron Ruperto y colaboradores (23)

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

quienes encontraron mayores niveles de agua corporal total, agua extracelular e intracelular en los sujetos con ERC respecto a su grupo control con una diferencia significativa en las tres variables. Existe evidencia científica en donde se ha descrito la relación entre el volumen del agua extracelular y la ERC, esto se atribuye a que el exceso de agua extracelular contribuye a la rigidez arterial y a la reducción del flujo vascular renal, sin embargo, es un mecanismo que no se ha detallado claramente; como se mencionó anteriormente en el presente estudio se encontró que los hombres del grupo con albuminuria presentaron niveles mayores de agua extracelular lo cual es diferente a lo reportado por Low y colaboradores (24) quienes describieron que la relación el exceso de volumen extracelular con la progresión de la ERC fue evidente en el género femenino en una población adulta con diabetes mellitus tipo 2, una edad mayor a 40 años y una TFG promedio de 71 ml/min/1.73m².

Se ha descrito que la hiperglucemia crónica puede conducir al desarrollo de albuminuria o a la disminución de la TFG, esto se debe a que los niveles altos de glucosa en las células estimulan la cadena de respiración mitocondrial y forman radicales libres de oxígeno provocando estrés oxidativo, lo que facilita la glicosilación no enzimática de otras moléculas y como consecuencia la aparición de productos de glicosilación avanzada que estimulan vías inflamatorias que provocan un aumento de la matriz extracelular y fibrosis renal (25), sin embargo, en la presente investigación se encontró que en las mujeres y en la población total el grupo con albuminuria se presentaron niveles inferiores de glucosa; Yun y colaboradores (26) realizaron un seguimiento durante un periodo de 10 años en pacientes con diabetes mellitus tipo dos y con una edad entre 25 a 75 años sin ERC, demostraron que la excreción urinaria de albúmina 300 mg/día fue un factor de riesgo independiente para el desarrollo futuro de hipoglucemia, y mencionan que el mecanismo por el cual se produce este fenómeno se desconoce.

En el presente estudio se midieron los niveles de algunos indicadores de funcionalidad renal, como la Cistatina C que se ha descrito como un indicador más precoz comparado con la creatinina, ya que es una proteína con menor peso

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

molecular (14), por lo tanto, la detección de algún daño renal sería en un estadio más temprano. En la búsqueda de los puntos de corte de esta proteína en la población pediátrica mexicana se encontraron escasos estudios, así como diversos parámetros de referencia (14, 27), sin determinar un nivel establecido como el ideal; los valores de referencia que se han descrito oscilan entre 0.58 a 1.38 mg/dL para la etapa de la adolescencia; es importante establecer el valor de referencia tal y como lo comentan Aguilar campos y colaboradores (27) en su investigación con 74 pacientes pediátricos mexicanos, en los cuales midieron niveles de Cistatina C utilizando como valor de referencia 0.58 a 0.92 mg/dl y reportaron que el 33.8% de la población estudiada presentó niveles elevados.

Cabe mencionar que se ha descrito que los niveles de Cistatina C presentan oscilaciones entre género, en el presente estudio se encontró que los niveles fueron mayores en el sexo masculino, y de igual manera lo reportan Ziegelsch y colaboradores (28) quienes evaluaron a adolescentes que no presentaban patologías renales y demostraron que los niveles de Cistatina C fueron más elevados en los hombres que en las mujeres, además reportaron que las asociaciones que encontraron en su investigación demuestran un fuerte impacto del metabolismo de los adolescentes en los niveles séricos de Cistatina C, por lo que sugieren que los parámetros de hormonas tiroideas y paratiroides deben considerarse en el diagnóstico renal mediante Cistatina C en los adolescentes.

La tasa de filtración glomerular se calcula mediante fórmulas establecidas que pueden depender de variables como el sexo, la talla o la edad; en la presente investigación se utilizó la fórmula de Schwartz, la cual se utiliza desde 1976 para sujetos menores de 18 años; Gao y colaboradores (29) reportaron que la fórmula de Schwartz es una alternativa adecuada para valorar la TFG en adolescentes, la cual fue validada con un estudio de cohorte de 127 niños. Salazar-Gutiérrez y colaboradores (30) describen que los niveles de normalidad de la TFG en la adolescencia dependen de variables como la edad y la talla y son de aproximadamente 116.7 ± 20.2 ml/min/1.73 m², sin embargo, en la presente investigación se encontró que los niveles de la TFG están disminuidos y el 11.25%

de la población estudiada se clasifica con una TFG ligera a moderadamente disminuida; en otro estudio presentado por Yan y colaboradores (31), también determinaron la TFG en adolescentes sanos por medio de ecuaciones basadas en los niveles de creatinina sérica y reportaron niveles por arriba de 90 ml/min/1.73 m², por lo tanto, debido a que la población estudiada tiene características similares a las de la presente investigación se confirma la alteración de los niveles de la TFG de los adolescentes. La TFG se puede afectar por distintas condiciones fisiológicas como son la ingesta de proteínas, el ejercicio, la edad, la composición corporal, los niveles de glucemia, el uso de algunos fármacos y el exceso o déficit de líquido extracelular (32), por lo tanto, es importante la formación de hábitos saludables desde etapas tempranas de la vida como lo es la adolescencia para evitar alteraciones renales; por lo que es importante llevar una dieta saludable diariamente, realizar actividad física, evitar el consumo de tabaco y alcohol, así como un descanso suficiente.

Durante la adolescencia la nutrición es uno de los factores más importantes, ya que es un factor clave del desarrollo, en esta etapa se aumentan los requerimientos, calóricos, proteicos, de hierro, calcio, zinc y folato (33). En la evaluación del consumo dietético de la presente investigación se observó que la ingesta de energía no es suficiente para satisfacer los requerimientos energéticos de los adolescentes estudiados, ya que se ha descrito que en la adolescencia el requerimiento de energía oscila entre 2600 a 3400 kcal/día, cabe mencionar que este requerimiento está condicionado por el metabolismo basal, termogénesis, actividad física y el gasto energético por el crecimiento en esta etapa de la vida (34); sin embargo, el promedio de las kilocalorías ingeridas por día en la población estudiada se encuentra por debajo de lo establecido en el grupo con albuminuria y en el grupo control tanto en hombres como en mujeres con aproximadamente 1000 kilocalorías menos de las recomendaciones establecidas. La variación de los valores de la ingesta calórica entre los adolescentes evaluados, fue de hasta 800 kcal/día en algunos casos, teniendo variaciones de un mínimo de consumo calórico de 800 kilocalorías y un máximo de 3600 kilocalorías; además se encontró que la dieta ingerida no cumplía con los criterios de una dieta correcta, ya que la calidad y

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

cantidad de alimentos consumidos por los adolescentes no es la ideal para cumplir con los requerimientos establecidos para la edad; incluso se observó que en algunos casos no se realizaban los tiempos de comida necesarios al día y no se cumplían las características de una dieta correcta especificadas en la Norma Oficial Mexicana de orientación alimentaria (35).

Por otro lado, se observó que las dietas de los adolescentes fueron hiperproteicas al tener un promedio de consumo proteico de 1.1 a 1.3 g de proteínas/kg/día, siendo que la literatura reporta que los requerimientos de proteína en individuos de 14 a 18 años de edad debería de ser de 0.85 a 1 g de proteínas/kg/día (36, 37), sin embargo, García Iborra y colaboradores (37) reportaron que la ingesta de proteína de niños y adolescentes suelen ser dos o tres veces más alta que las recomendaciones y que además estas proteínas son derivadas principalmente de fuentes animales, como se observó en la presente investigación.

Cabe mencionar que el consumo proteico fue más alto en los hombres que en las mujeres, esto a consecuencia de un mayor consumo de alimentos de origen animal, pero además de que se observó que los hombres que realizan alguna actividad física como entrenamiento en ejercicio anaeróbico, consumen suplementos proteicos con el objetivo de mejorar su rendimiento deportivo y alcanzar sus objetivos corporales. En la población estudiada se observó que los suplementos mayormente consumidos fueron la proteína de suero y de creatinina los cuales se ha reportado que son los más utilizados frecuentemente (36). Rocha Barreto y colaboradores (36) reportan que las proteínas de suero son reconocidas como ingredientes saludables debido a las diversas ventajas asociadas con su ingesta como el control del apetito, la recuperación del ejercicio y la promoción de la saciedad, son utilizadas principalmente en el entrenamiento de hipertrofia muscular y también reportan que la suplementación con creatina aumenta la concentración muscular de fosfocreatina, aportando energía para esfuerzos repetitivos de alta intensidad y potenciando la explosión muscular y también amortigua el ácido láctico producido durante el ejercicio retrasando la fatiga muscular, lo anterior puede ser una razón por la cual en la población estudiada se encontraron niveles elevados de

proteínas, ya que sí se reportó el consumo de suplementos proteicos, sin embargo, es importante que la cantidad de suplementos que se ingiere durante el día sea prescrita por un especialista en el área para evitar daños hacia la salud a largo plazo.

La hidratación es un importante aspecto nutricional, se ha descrito que una inadecuada hidratación en niños y adolescentes afecta tanto al rendimiento físico como al cognitivo (38). El consumo promedio de agua en el grupo control tanto en hombres como en mujeres fue de 2 L/día, tal consumo se encuentra por debajo de la ingesta diaria recomendada debido a que Salas-Salvado y colaboradores (39) reportaron una ingesta diaria 3.3 L/día en hombres y 2.3 L/día en mujeres, sin embargo, cabe mencionar que esta recomendación incluye la cantidad de agua, otros líquidos y el agua de los alimentos. Gandy y colaboradores (38) realizaron un estudio con niños y adolescentes en el cual evaluaron el consumo de líquidos en población de México, Brasil, Argentina y Uruguay, con un seguimiento durante siete días, reportaron que en la población mexicana de 10 a 17 años el consumo de líquidos promedio fue de 1.679 L/día, el cual está por debajo del promedio obtenido en el presente estudio. Además, se observó que el grupo con albuminuria tanto en hombres como en mujeres, el consumo de agua promedio de agua fue menor respecto al grupo control, lo cual coincide con la investigación de Wang y colaboradores (40) con una población de adultos, en la cual realizaron un recordatorio de 24 horas para obtener el consumo de agua de los participantes y reportaron que una mayor ingesta de agua se asocia con un menor riesgo de albuminuria y ERC, además de que esto se asoció con niveles reducidos de vasopresina en plasma, lo cual puede resultar benéfico para la preservación de la función renal, por lo tanto, el consumo adecuado de agua es una estrategia clave para prevenir el desarrollo de albuminuria y la disminución de la función renal.

El ángulo de fase es una variable que se utiliza como indicador del estado nutricional debido a que con él se puede valorar la integridad de la membrana celular así como la función celular (41), se observó que en el género masculino a menor TFG mayor fue el ángulo de fase, lo cual no coincide con lo reportado por Topete-

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Reyes y colaboradores (42) en su investigación donde determinaron el estado nutricional mediante el ángulo de fase en pacientes con hemodiálisis y observaron que los pacientes con mayores complicaciones presentaban un ángulo de fase menor, sin embargo, los rangos de normalidad del ángulo de fase oscilan entre 5 a 7° y en la presente investigación se reportaron valores en promedio de 5 a 5.8°, Langer y colaboradores (43) evaluaron la asociación entre la condición cardiorrespiratoria y el ángulo de fase en niños de 9 a 11 años y reportaron que las mujeres presentaron un ángulo de fase promedio de 5.28° y los hombres 5.14°; además Custódio Martins y colaboradores (44) evaluaron adolescentes sanos de 10 a 16 años y reportaron un valor promedio de 4.8° para ambos sexos, por lo tanto, los resultados obtenidos son similares a los presentados en otras investigaciones para la población estudiada; cabe mencionar que faltan estudios que puedan clarificar el comportamiento de la medición del ángulo de fase en la adolescencia, ya que los notables cambios de la composición corporal en esta etapa pueden llegar a afectar esta medición, sin embargo, es un área de oportunidad que se debe estudiar a fondo, ya que falta profundizar sobre el tema.

Por otra parte, en la presente investigación se encontró que el grupo con albuminuria presentó mayor porcentaje de agua corporal total y agua extracelular, así como un ángulo de fase menor respecto al grupo control, coincidiendo con lo reportado por Custódio Martins y colaboradores (41) quienes describen que una hidratación excesiva puede disminuir el ángulo de fase, debido a que un aumento de agua extracelular puede favorecer la contracción celular; para mejorar el funcionamiento de las membranas celulares lo recomendable es mantener concentraciones más altas de agua intracelular y menores de agua extracelular, ya que concentraciones más altas de agua extracelular pueden estimular respuestas inflamatorias y agravar el daño tisular (41).

En la presente investigación se observó una correlación positiva entre la creatinina y la masa muscular esquelética, debido a que la creatinina es una molécula producto del metabolismo de la creatina y fosfocreatina muscular, diversos autores reportan que más del 90% de la creatina corporal total se encuentra en los músculos y se

considera un buen marcador de la masa muscular corporal total, incluso en pacientes críticamente enfermos en los cuales se utiliza para valorar la sarcopenia (45, 46). Además se observó que la creatinina presentó una correlación positiva con el ángulo de fase; da Silva Duarte y colaboradores (47) estudiaron la asociación entre el ángulo de fase y parámetros del estado nutricional en pacientes con hemodiálisis y reportaron igualmente correlación positiva entre la creatinina y el ángulo de fase, por otro lado Custódio Martins y colaboradores (44) evaluaron la asociación entre ángulo de fase e indicadores de condición física en adolescentes reportando que la masa muscular se asoció directamente con el ángulo de fase en ambos sexos, lo que se justifica debido a que el músculo está constituido en gran parte por agua corporal, que es un excelente conductor de electricidad y por lo tanto ofrece baja resistencia al paso de la corriente eléctrica.

11. Conclusión

La composición corporal y la dieta son factores que se asocian con efectos en la funcionalidad renal durante la adolescencia, en el presente estudio se observó que la mayoría de los adolescentes que fueron analizados no tienen hábitos alimentarios saludables debido a que la cantidad de energía y de agua que consumen no es suficiente para cumplir con los requerimientos, por lo tanto es de suma importancia establecer hábitos saludables desde las primeras etapas de la vida con el fin de prevenir patologías en la población adulta, la ERC es una enfermedad con alta prevalencia en el país y que se desarrolla por condiciones silenciosas que desafortunadamente la mayoría de los casos se detectan en etapas avanzadas de la enfermedad, por lo que con los resultados de la presente investigación se busca contribuir al desarrollo de estrategias de prevención de dicha patología debido a que la etapa de la adolescencia se considera una población aparentemente sana, sin embargo, es importante valorar el estado de salud y detectar situaciones o hábitos que puedan desencadenar ERC. Finalmente cabe destacar la importancia de utilizar marcadores de funcionalidad renal precoces como es la Cistatina C, con el objetivo de detectar cualquier alteración en la función de las nefronas en estadios más tempranos y así evitar complicaciones de salud o el desarrollo de ERC.

12. Referencias bibliográficas

1. González Jiménez E. Composición corporal: estudio y utilidad clínica. *Endocrinol Nutr.* 2013; 60 (2): 69-75
2. Carnero EA, Alvero-Cruz JR, Giráldez MA, Sardinha LB. La evaluación de la composición corporal “in vivo”; Parte I: Perspectiva histórica. *Nutr Hosp.* 2015;31(5):1957–67.
3. Suverza Fernández Araceli, Hahua Navarro Karime. El ABCD de la evaluación del estado nutricional. 1st ed. Vol. 1. México: Editorial Mc Graw Hill; 2010.
4. Marra M, Sammarco R, De Lorenzo A, Iellamo F, Siervo M, Pietrobelli A. Assessment of body composition in health and disease using bioelectrical impedance analysis (bia) and dual energy x-ray absorptiometry (dxa): A critical overview. *Contrast Media Mol Imaging.* 2019; 2019: 1-9
5. Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J Med Res.* 2018; 148 (5): 648-58
6. Salud mental del adolescente [Internet]. [cited 2022 Aug 10]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/adolescent-mental-health>
7. Censo de Población y Vivienda 2020 [Internet]. [cited 2022 Aug 10]. Available from: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html>
8. Verónica Gaete DP. EL CONTROL DE SALUD DEL ADOLESCENTE HEALTH SUPERVISION VISITS IN ADOLESCENTS.
9. Blay MG, Blay VA, Sarría A, Bueno M. Body composition in adolescents: Measurements and metabolic aspects. *International Journal of Obesity.* 2004;28: 54–8
10. Kwakernaak AJ, Toering TJ, Navis G. Body mass index and body fat distribution as renal risk factors: A focus on the role of renal haemodynamics. 2013; 24 (4): 42-9

11. Bezerra da Silva Junior G, Sobral Novaes Bentes AC, De Francesco Daher E, Alvim de Matos SM. Obesity and kidney disease. 2017; 39 (1): 65-9
12. Rendón-Rodríguez C. Efectos de las dietas hiperproteicas sobre la función renal: una controversia actual. *Nutr Clin Med*. 2018; XII (3): 149-62
13. Ko GJ, Rhee CM, Kalantar Zadeh K, Joshi S. The effects of high-protein diets on kidney health and longevity. *J Am Soc Nephrol*. 2020; 31 (8): 1667-79
14. Fernández García M, Coll E, Ventura Pedret S, Bermudo Guitarte C, Cárdenas Fernández MC, Cortés Rius M, et al. Cistatina C en la evaluación de la función renal. *Revista de laboratorio Clínico*. 2011; 4 (1): 50-62
15. den Bakker E, Gemke RJJ, Bökenkamp A. Endogenous markers for kidney function in children: a review. *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2018; 55 (3): 163-83
16. Gorostidi M, Santamaría R, Alcázar R, Fernández-Fresnedo G, Galcerán JM, Goicoechea M, et al. Documento de la sociedad española de nefrología sobre las guías KDIGO para la evaluación y el tratamiento de la enfermedad renal crónica. *Nefrología*. 2014; 34 (3): 302–16.
17. Kuritzky L, Toto R, van Buren P. Identification and Management of Albuminuria in the Primary Care Setting. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2011; 13 (6): 438-49
18. López Heydeck SM, López Arriaga JA, Montenegro Morales LP, Cerecero Aguirre P, Vázquez De Anda GF. Laboratory analyses for early diagnosis of chronic kidney disease. *Rev Mex Urol*. 2018; 78 (1): 73-90
19. Villalvazo P, Carriazo S, Martin-Cleary C, Ortiz A. Aguascalientes: one of the hottest chronic kidney disease (CKD) hotspots in Mexico and a CKD of unknown aetiology mystery to be solved. *Clini Kidney J*. 2021;14 (11): 2285–94
20. Gutiérrez Peña M, Zúñiga Macías L, Marin García R, Ovalle Robles I, García Díaz AL, Macías Guzmán MJ, et al. High prevalence of end-stage renal disease of unknown origin in Aguascalientes Mexico: role of the registry of chronic kidney disease and renal biopsy in its approach and future directions. *Clin Kidney J*. 2021;14 (4): 1197–206

21. van Veldhuisen DJ, Ruilope LM, Maisel AS, Damman K. Biomarkers of renal injury and function: Diagnostic, prognostic and therapeutic implications in heart failure. *Eur Heart J.* 2016; 37 (33): 2577-85
22. Karava Vasiliki, Printza Nikoleta, Dotis J, Demertzi D, Antza C, Kotsis V, et al. Body composition and arterial stiffness in pediatric patients with chronic kidney disease. *Pediatr Nephrol.* 2019; 34 (7): 1253-60
23. Ruperto M, Barril G. Nutritional Status, Body Composition, and Inflammation Profile in Older Patients with Advanced Chronic Kidney Disease Stage 4–5: A Case-Control Study. *Nutrients.* 2022; 14 (17): 3650
24. Low S, Pek S, Lun Liu Y, Moh Aang K, Ee Tang W, et al. Higher extracellular water to total body water ratio was associated with chronic kidney disease progression in type 2 diabetes. *J Diabetes Complications.* 2021; 35 (7): 1079
25. Vergara Arana A, Martinez Castelao A, Gorriz Teruel JL et al. Enfermedad Renal Diabética: Albuminuria y Progresión. En: Lorenzo V., López Gómez JM (Eds). *Nefrología al día.* ISSN: 2659-2606. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/292>
26. Yun JS, Ko SH, Ko SH, Song KH, Ahn YB, Yoon KH et al. Presence of macroalbuminuria predicts severe hypoglycemia in patients with type 2 diabetes: a 10-year follow-up study. *Diabetes Care.* 2013; 36 (5): 1283-9
27. Aguilar-Campos JA, Valle-Leal JG, Reynoso-Anguis PA, Velásquez-Ramírez A, Serrano-Osuna R. Prevalencia de Cistatina C elevada en pacientes con sobrepeso y obesidad en el noroeste de México. *Pediatr.* 2021; 48 (3): 195-202
28. Ziegelasch N, Vogel M, Korner A, Koch E, Jurkutat A, Ceglarek U, et al. Cystatin C relates to metabolism in healthy, pubertal adolescents. *Pediatr Nephrol.* 2022; 37 (2): 423-32
29. Gao A, Cachat F, Faouzi M, Bardy D, Mosig D, Meyrat BJ. Comparison of the glomerular filtration rate in children by the new revised Schwartz formula and a new generalized formula. *Kidney Int.* 2013; 83 (3): 524-30

30. Salazar-Gutiérrez ML, Ochoa-Ponce C, Lona-Reyes JC, Gutiérrez Íñiguez SI. Concordancia de la tasa de filtración glomerular con depuración de creatinina en orina de 24 horas, fórmulas de Schwartz y Schwartz actualizada. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2016; 73 (3): 181-7
31. Yan R, Zhang C, Wang C, Sun Z, Peng X. Evaluation of glomerular filtration rate estimation equations based on serum creatinine in healthy Chinese children and adolescents: a nationwide cross-sectional study. *BMJ Paediatr Open.* 2023; 7 (1): 1-9
32. Levey AS, Inker LA. Assessment of Glomerular Filtration Rate in Health and Disease: A State of the Art Review. *Clin Pharmacol Ther.* 2017; 102 (3): 405-19
33. Soliman A, Alaaraj N, Hamed N, Alyafei F, Ahmed S, Shaat M, et al. Nutritional interventions during adolescence and their possible effects. *Acta Biomed.* 2022; 93 (1): 1-14
34. Butte NF. Energy requirements of infants, children and adolescents. Nutritional needs. *World Rev Nutr Diet.* 2015; 113: 34-40
35. NORMA Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. *Diario Oficial de la Federación* (22-01-2013)
36. Rocha Barretto J, Alves da Cruz Gouveia M, Alves C. Use of dietary supplements by children and adolescents. *J Pediatr.* 2024; 100 (1): 31-9
37. García-Iborra M, Castanys-Munoz E, Oliveros E, Ramírez M. Optimal Protein Intake in Healthy Children and Adolescents: Evaluating Current Evidence. *Nutrients.* 2023; 15 (7): 1-24
38. Gandy J, Martínez H, Morin C, Gandy J, Carmuega E, Arredondo JL, et al. Fluid intake of Latin American adults: results of four 2016 Liq.In national cross-sectional surveys. *Eur J Nutr.* 2018; 57 (3): 65-75

39. Salas-Savadó J, Maraver F, Rodríguez-Mañas L, Sáenz de Pipaon M, Vitoria I, Moreno LA. Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutr Hosp.*2020; 37(5): 1072-86
40. Wang HW, Jiang MY. Higher volume of water intake is associated with lower risk of albuminuria and chronic kidney disease. *Medicine.* 2021; 100 (20); 1-6
41. Custódio Martins P, Souza Alves Junior CA, Silca AM, Santos Silva DA- Phase angle and body composition: A scoping review. *Clin Nutr ESPEN.* 2023; 56: 237-50
42. Topete-Reyes JF, López-Lozano CA, López.Báez SL, Barbarín-Vázquez AV, Cervantes-Villalobos ML, Navarro-Rodríguez J., et al. Determinación del estado nutricional mediante el ángulo de fase en pacientes en hemodiálisis. *Nutr Hosp.* 2019; 155 (3): 229-35
43. Languer RD, Grandjean da Costa K, Bortolotti H, Fernandes GA, Silva de Jesus R, Moreira Goncalves E. Phase angle is associated with cardiorespiratory fitness and body composition in children aged between 9 and 11 years. *Physiol Behav.* 2020; 1 (215): 1-7
44. Custódio Martins P, Augustemak de Lima LR, Berria J, Petroski EL, da Silva AM, Santos Silva DA. Association between phase angle and isolated and grouped physical fitness indicators in adolescents. *Physiol Behav.* 2020 1 (217)
45. Amado Diago CA, Amado Señaris JA. Should we pay more attention to low creatinine levels?. *Endocrinol Diabetes Nutr.* 2020; 67 (7): 486-92
46. De Rosa S, Greco M, Rauseo M, Annetta MG. The Good, the Bad, and the Serum Creatinine: Exploring the Effect of Muscle Mass and Nutrition. *Blood Purif.* 2023; 52 (9-10): 775-85
47. da Silva Duarte R, Sabino Pinho CP, Couto Oliveira Barboza YA, Costa Soares da Silva CM, Rodrigues de Carvalho T, Chaves Lemos MC. Asociación del ángulo de fase con parámetros de evaluación del estado nutricional en pacientes en hemodiálisis.*Rev Chil Nutr.* 2019; 46 (2): 99-106

13. ANEXO I

CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO CLÍNICO DE INVESTIGACIÓN

Título del estudio: “Relación entre la composición corporal y la función renal”

Investigador responsable: L.N. Fernanda Stephanie Espinoza López.

Correo: al162774@edu.uaa.mx, celular: 4492575049.

Tutor del proyecto: Dra. Judith Martín del Campo Cervantes.

Correo: judith.martindelcampo@edu.uaa.mx, teléfono: 449 9107400 ext. 53008.

Número de registro comité de Ética: _____.

Usted ha sido invitado/a a ser partícipe de un estudio que se lleva a cabo por la LN Fernanda Stephanie Espinoza López estudiante de la Maestría en Investigación Biomédica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. El objetivo de esta carta es informarle acerca del estudio, antes de que usted confirme su disposición a colaborar con la investigación.

El propósito de este estudio es analizar la relación entre la composición corporal y la función renal en adolescentes. Para el estudio, usted deberá responder algunas preguntas relacionadas a sus hábitos diarios y antecedentes patológicos; realizaremos una medición de su composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica (un método que no es invasivo ni causa daños para su salud); le solicitaremos una muestra de orina y tomaremos una muestra de sangre para realizar procedimientos y analizar su funcionalidad renal.

Los datos obtenidos se utilizarán únicamente para la presente investigación, por lo que garantizamos que sus datos tendrán confidencialidad total y su identidad no será reconocida en las presentaciones o publicaciones que se deriven de este estudio.

Los riesgos de este estudio se pueden considerar menor al mínimo, debido a que involucran procedimientos muy comunes, la muestra sanguínea la tomará personal capacitado y la bioimpedancia eléctrica (técnica con la que se medirá su composición

corporal) no causa daños hacia su salud, por lo tanto, la realización de la investigación no implica riesgo alguno para su salud. En caso de presentar algún daño derivado de este estudio, los responsables serán los investigadores encargados de este estudio, atendiendo de manera inmediata su inconformidad.

Los resultados de las pruebas hechas se le ofrecerán sin costo para la posible identificación de enfermedades, usted puede utilizarlos a su discreción para la mejoría y cuidado de su salud. El respeto a los derechos de cada voluntario se garantiza tanto desde el punto de vista personal como familiar y social. Con los resultados obtenidos usted podrá conocer su composición corporal (masa grasa, masa magra, agua corporal, etc.) indicando los parámetros de normalidad, además de la funcionalidad actual de su riñón, ofreciéndole una oportunidad de prevención de patologías futuras.

He leído y comprendido el propósito del presente estudio de investigación, aclarando todas mis dudas de manera satisfactoria. Me queda claro que mi participación es voluntaria y puedo desertar en cualquier momento sin ninguna consecuencia y que esto no podrá perjudicarme en un futuro. He recibido una copia de este consentimiento y con mi firma acepto participar en la presente investigación.

Nombre y firma del participante

Nombre y firma del tutor

Nombre y firma del
investigador principal

Nombre y firma de testigo

Nombre y firma de testigo

Fecha: _____

14. ANEXO II FORMATO DE CAPTURA DE DATOS

Folio: _____

Datos generales

Nombre: _____ Sexo: _____

Edad: _____ Fecha y lugar de nacimiento: _____

Celular: _____ Correo electrónico: _____

Plantel: _____ Turno: _____ Semestre: _____

Dirección de vivienda: _____

Ocupación del padre: _____ Ingresos mensuales: _____

Ocupación de madre: _____ Ingresos mensuales: _____

¿Trabaja actualmente?: Sí No

Lugar: _____ Ingresos mensuales: _____

Datos clínicos

• Diagnóstico de daño renal: Sí No ¿Cuál?: _____

• ¿Está embarazada o con sospecho de embarazo? Sí No

• Fecha de la última menstruación: _____

• Diagnóstico de Diabetes Mellitus: Sí No • Diagnóstico de HTA: Sí No

• Diagnóstico de enf. Tiroideas: Sí No • Diagnóstico de enf. cardiacas: Sí No

• Diagnóstico de cáncer: Sí No

• Tratamiento con corticoesteroides: Sí No ¿Hace cuánto tiempo?: _____

• Tratamiento con ciclosporina A: Sí No ¿Hace cuánto tiempo?: _____

• Tratamiento con trimetoprima: Sí No ¿Hace cuánto tiempo?: _____

• Tratamiento con cimetidina: Sí No ¿Hace cuánto tiempo?: _____

• Tratamiento con fenofibrato: Sí No ¿Hace cuánto tiempo?: _____

• ¿Tiene marcapasos?: Sí No ¿Tiene bomba de insulina?: Sí No

• ¿Ha presentado trastornos alimenticios, diarrea, vómito o infecciones en el estómago?

Si No ¿Cuál?: _____ Duración: _____

• ¿Consume sustancias nocivas para la salud? Si No

¿Cuál?: _____ Frecuencia: _____

Datos dietéticos

• ¿Sigue algún plan de alimentación? Si No

- ¿Cuántas comidas realiza al día? _____
- ¿Cuántas Veces ala semana consume comida preparada fuera de casa? _____
- ¿Cuál es la fuente proteica que consume habitualmente?

- _____
- Cantidad de agua que consume al día: _____
 - Cantidad de refrescos o jugos que consume al día: _____

¿Consumes algún suplemento? Sí No

 ¿Cuál suplemento?: _____ Cantidad al día: _____

¿Realiza alguna actividad física? Sí No

 ¿Cuál actividad?: _____ ¿Cuánto tiempo al día?: _____

R24 hrs

	1er encuesta			2da encuesta			3er encuesta		
	%	Gramos	Kcal	%	Gramos	Kcal	%	Gramos	Kcal
HC									
Prot									
Lip									

Datos MBCA

Peso		Masa de músculo esquelético	
Talla		Brazo izquierdo	
IMC		Pierna izquierda	
Masa grasa (kg)		Torso	
Masa grasa (%)		Brazo derecho	
FMI		Pierna derecha	
Grasa visceral		Agua corporal total	
Masa magra (kg)		Agua extracelular	
Masa magra (%)		ECW / TBW	
FFMI		Ángulo de fase	

Datos bioquímicos

Microalbuminuria		Urea	
Creatinina		BUN	
Cistatina C		Glucosa	