Perfil cognitivo en pacientes con enfermedad renal crónica en estadios tempranos y baja escolaridad

Cognitive Profile of Patients with Early-Stage Chronic Kidney Disease and Low Educational Attainment

Recibido: abril 26, 2024; **Concepto de evaluación:** enero 29, 2026; **Aceptado:** junio 04, 2026

Diana Patricia Caicedo Navarro
Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4041-7735

Natalia Cadavid-Ruiz *
Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3699-5068

Gladys Eugenia Puentes Páramo
Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-1319-8304

Resumen

El objetivo de este estudio fue comparar el perfil cognitivo de pacientes con enfermedad renal crónica (ERC) en estadios tempranos y baja escolaridad frente a controles pareados, y explorar preliminarmente qué medidas neuropsicológicas muestran mayor capacidad discriminativa en esta muestra. Se realizó un estudio observacional con análisis exploratorio de regresión logística, de corte transversal, en el que participaron 60 personas, 30 pacientes con ERC y 30 sujetos sanos, pareados por edad (M = 51, DE = 7.00), sexo (70 % mujeres) y escolaridad (56 % con cinco años de educación). Todos los participantes fueron evaluados con la prueba cognitiva de rastreo rápido MoCA y cuatro subpruebas neuropsicológicas, con el fin de evaluar: la atención (Trail Making Test-B, TMT-B), la velocidad de procesamiento e inhibición (STROOP), la memoria de trabajo (subtest de retención de dígitos de la escala de inteligencia Wechsler, WAIS-IV) y la memoria de largo plazo verbal (test de aprendizaje verbal de Hopkins). Como resultado, el grupo de pacientes mostró un menor desempeño en la subprueba de abstracción del test de rastreo rápido, en el tiempo del TMT-B y en la medida de interferencia del STROOP El modelo de regresión binaria mostró que las pruebas mencionadas conforman las variables predictoras, con una sensibilidad de 63.3 % y una especificidad del 73.3 %. De lo anterior se concluye que en estadios tempranos de ERC se pueden presentar dificultades en la velocidad de procesamiento y en el razonamiento abstracto, lo cual sugiere una posible afectación de predominio frontal. No obstante, este hallazgo es preliminar y requiere de una validación con una muestra más amplia.

Palabras clave

Enfermedad renal; deterioro cognitivo; escolaridad; pruebas neuropsicológicas; diagnóstico; equidad en salud.

Abstract

This study aimed to compare the cognitive profile of patients with early-stage chronic kidney disease (CKD) and low educational attainment with that of matched controls and to preliminarily explore which neuropsychological measures have the greatest discriminative ability in this sample. A cross-sectional observational study with exploratory logistic regression analyses was conducted, including 60 participants: 30 patients with CKD and 30 healthy controls matched for age (M = 51, SD = 7.00), sex (70% women), and educational attainment (56% with five years of education). All participants were assessed using the MoCA cognitive screening test and four neuropsychological tests to evaluate: attention (Trail Making Test-B, TMT-B), processing speed and inhibition (STROOP), working memory (Digit Span subtest of the Wechsler intelligence scale, WAIS-IV), and long-term verbal memory (Hopkins Verbal Learning Test). As a result, the patient group showed poorer performance on the abstraction subtest of the cognitive screening test, in the TMT-B completion time, and the STROOP interference measure. The binary logistic regression showed that these tests constituted predictor variables, with a sensitivity of 63.3% and a specificity of 73.3%. These findings suggest that patients with early-stage CKD may present difficulties in processing speed and abstract reasoning, indicating possible predominantly frontal dysfunction. However, this finding should be considered preliminary and requires validation in a larger sample.

Keywords

Chronic kidney disease; cognitive impairment; educational attainment; neuropsychological tests; diagnosis; health equity.

Cómo citar [APA]:

Caicedo, D. P., Puentes, G. E., y Cadavid-Ruiz, N. (2025). Perfil cognitivo en pacientes con enfermedad renal crónica en estadios tempranos y baja escolaridad. *Acta Colombiana de Psicología*, *29*, 1-15. https://doi.org/10.14718/ACP.2026.29.9

* **Datos de contacto:** Cl. 18 #118-250, Barrio Pance, Cali, Valle del Cauca, Colombia. Correo electrónico: ncadavid@javerianacali.edu.co

Nota del autor: Las autoras agradecen a los participantes y a las instituciones de salud que facilitaron el desarrollo de esta investigación. No se generaron bases de datos, secuencias de código u otros materiales que requieran ser depositados en repositorios de acceso abierto. Información adicional sobre el estudio podrá ser solicitada a la autora de correspondencia. El manuscrito no reproduce tablas, figuras, imágenes, instrumentos ni otros materiales sujetos a derechos de autor que requieran permisos adicionales para su publicación. El estudio fue desarrollado en el marco de un trabajo de grado de maestría en neuropsicología clínica.

Conflicto de intereses: Las autoras declaran no tener conflictos de interés relacionados con el tema, los resultados o la publicación de este estudio. Esta investigación no recibió financiación externa ni se derivó de un proyecto financiado por entidades públicas o privadas.

Introducción

En las últimas décadas, la neuropsicología clínica se ha interesado en el funcionamiento cognitivo de pacientes con Enfermedad Renal Crónica (ERC) (Arango-Lasprilla *et al.*, 2022; Tian *et al.*, 2019), debido a que las deficiencias en la comunicación entre riñón y sistema nervioso autonómico pueden resultar en una acumulación de sodio en el cerebro. Esto, a su vez, produce estrés oxidativo en este tejido y activa una respuesta neuroinflamatoria que, a largo plazo, puede derivar en una encefalopatía de tipo urémico (Bos *et al.*, 2018; Crowe *et al.*, 2021; Drew *et al.*, 2019; Murthy y Shukla, 2020; Soto-Añari *et al.*, 2018; Tanaka y Okusa, 2020).

Estudios como el de Fraser y Arieff (1988) y Kimmel *et al.* (1998) sugieren que el funcionamiento cognitivo de pacientes con ERC se ve negativamente afectado desde los estadios tempranos de la enfermedad, y que en pacientes en los estadios más avanzados puede observarse la presencia de demencias, con una prevalencia del doble en comparación con la población general.

Asimismo, la literatura científica ha descrito que en los dos primeros estadios las dificultades cognitivas pueden pasar desapercibidas para el paciente y su médico tratante, siendo las más comunes la disminución en la velocidad de procesamiento, la atención y la memoria a corto plazo (Berger *et al.*, 2016; Brodski *et al.*, 2018; Drew *et al.*, 2019; Harhay *et al.*, 2018; Joseph *et al.*, 2019; Owolabi *et al.*, 2016; Pi *et al.*, 2016). Por su parte, en el estadio tres, o etapa de leve a moderada, se suman déficits en el funcionamiento ejecutivo; mientras que en los estadios cuatro y cinco, conocidos como la etapa terminal, se observa un deterioro cognitivo general, al que se unen dificultades de la memoria de trabajo y de largo plazo, habilidades visuoespaciales, lenguaje y praxias (Brodski *et al.*, 2018; Drew *et al.*, 2019; Duarte *et al.*, 2006). En estas últimas etapas puede presentarse encefalopatía renal e incluso demencia, dependiendo de la severidad de los síntomas cognitivos y de las limitaciones que estos generan en la realización de actividades de la vida cotidiana de los pacientes (Arnold *et al.*, 2016; Duarte *et al.*, 2006; Feger *et al.*, 2020).

Ahora bien, la identificación de deterioro cognitivo en pacientes renales en contextos clínicos no es sencilla, pues su desempeño en pruebas neuropsicológicas está mediado por factores tanto sociodemográficos como clínicos. Esto quiere decir que la ERC no es la única causa que puede definir el rendimiento cognitivo de un paciente en una prueba en particular (Brickman *et al.*, 2006). Por ejemplo, los años de educación formal, la suficiencia en lectura, efectos de la medicación y el estado de ánimo han mostrado tener un efecto en el rendimiento de pacientes en pruebas cognitivas (Brickman *et al.*, 2006; Joseph *et al.*, 2019; Roebuck-Spencer *et al.*, 2017).

En la evaluación cognitiva de pacientes con ERC se utilizan con frecuencia instrumentos de tamizaje general, como el *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) y el *Mini-Mental State Examination* (MMSE), junto con pruebas específicas que permiten explorar procesos cognitivos frecuentemente alterados, tales como la atención, la flexibilidad cognitiva, la memoria de trabajo y el razonamiento (Crowe *et al.*, 2021; Soto-Añari *et al.*, 2018). Entre las más empleadas se encuentran el *trail making test* (Reitan, 1958), el *test de colores y palabras* del STROOP (Golden, 2020), la *torre de Hanoi* (Drake, 2007), y la subprueba de *retención de dígitos* de la escala de inteligencia de Wechsler para adultos, WAIS-IV (Wechsler, 2014). Estas pruebas han mostrado sensibilidad para detectar déficits tempranos de atención sostenida, velocidad de procesamiento y control inhibitorio en pacientes con ERC, incluso antes de que se evidencien síntomas clínicos manifiestos (Feger *et al.*, 2020; Karakizlis *et al.*, 2021).

No obstante, en estudios psicométricos sobre pruebas neuropsicológicas se ha evidenciado la presencia de falsos positivos en pacientes con baja escolaridad. Por ejemplo, se ha encontrado que aunque la prueba de tamizaje *minimental* en población hispanohablante puede ser útil para confirmar el deterioro cognitivo severo en pacientes con más de cinco años de escolaridad, se recomienda no utilizarla con pacientes con baja escolaridad, ya que suele sugerir una deficiencia cognitiva en casos de personas sanas (Owolabi *et al.*, 2016; Sagubay *et al.*, 2017).

Asimismo, en investigaciones con pacientes diagnosticados con ERC, la baja escolaridad se relaciona con una mayor cantidad de errores perseverativos en la prueba de *trail making test*, parte B (TMT-B), y con un mayor número de movimientos para resolver la torre de Hanoi. Esto podría relacionarse con menores conocimientos y experiencia en tareas cognitivas, no necesariamente con una deficiencia en sus procesos cognitivos (Soto-Añari *et al.*, 2018).

De hecho, la mayoría de los estudios sobre la progresión de alteraciones cognitivas en pacientes con ERC se han realizado en países occidentalizados desarrollados, donde su población suele presentar mayor homogeneidad en variables sociodemográficas, como nivel socioeconómico y años de escolaridad, lo cual ha llevado a aceptar la asociación entre el grado de afectación renal y la gravedad de las deficiencias cognitivas (Brickman *et al.*, 2006; Roebuck-Spencer *et al.*, 2017). No obstante, pocos estudios han explorado el efecto de la escolaridad en esta relación, y aquellos que lo han hecho han encontrado que el impacto de la ERC es más incisivo en pacientes con baja escolaridad en comparación con pacientes con alta escolaridad (Soto-Añari *et al.*, 2018).

En este contexto, no se conoce qué pruebas aplicar ni qué valores de corte emplear para definir con precisión la presencia de alteraciones cognitivas en pacientes con ERC, lo cual es aún más crítico en los primeros estadios de la enfermedad, puesto que suelen aparecer síntomas cognitivos incipientes que en pacientes con alta escolaridad podrían estar enmascarados por su mayor reserva cognitiva, pero que en pacientes de baja escolaridad podrían resultar en la presencia de falsos positivos (Soto-Añari *et al.*, 2018).

En conjunto, la literatura reciente ha mostrado que la escolaridad y la reserva cognitiva modulan la expresión del deterioro cognitivo en pacientes renales, pues se ha encontrado que aquellos con baja escolaridad tienden a obtener puntuaciones más bajas en tareas de flexibilidad y planificación, como en el TMT-B o la *torre de Hanoi*, incluso en ausencia de daño neurológico estructural (Soto-Añari *et al.*, 2018).

Esta evidencia apoya la necesidad de desarrollar protocolos de tamizaje diferenciados por nivel educativo que eviten sobreestimación de casos (falsos positivos) y permitan una interpretación más contextualizada del desempeño cognitivo. Además, pocos estudios contribuyen a identificar en estadios tempranos de la ERC la presencia de síntomas cognitivos asociados con esta enfermedad.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo comparar el perfil cognitivo de pacientes con enfermedad renal crónica (ERC) en estadios tempranos y baja escolaridad frente a controles pareados, y explorar preliminarmente qué medidas neuropsicológicas muestran mayor capacidad discriminativa en esta muestra. Desde esta perspectiva, los resultados del presente estudio buscan ampliar los modelos previos de afectación cognitiva en ERC, destacando el papel de la escolaridad y de la reserva cognitiva en las trayectorias de deterioro y en la identificación temprana de alteraciones sutiles del funcionamiento cognitivo.

Método

Diseño

Se planteó un estudio cuantitativo observacional con diseño comparativo de casos y controles y de corte transversal. Adicionalmente, se incluyó un análisis exploratorio de regresión logística binaria (Ato *et al.*, 2013).

Participantes

La selección de la muestra se realizó de forma intencional y no probabilística. El grupo de pacientes con ERC en estadios tempranos y con baja escolaridad se seleccionó de la lista de pacientes del programa de nefroprotección de los servicios de nefrología de hospitales públicos o IPS del suroccidente colombiano ubicados en zonas rurales. Cada uno de los participantes contó con la evaluación de un nefrólogo, quien ratificó el estadio de la enfermedad de cada paciente. Los criterios de inclusión fueron que: (a) tuvieran edades entre los 27 y los 60 años; (b) reportaran una escolaridad máxima de cinco años; y (c) estuvieran en los dos primeros estadios de la enfermedad —según las guías K/DOQUI de la National Kidney Foundation (2012)—.

Por su parte, el grupo de controles sanos (n = 30) estuvo conformado por familiares de los participantes, así como por personas que no reportaron antecedentes de enfermedad renal. Estos participantes fueron pareados por edad, sexo y nivel educativo con el grupo de pacientes.

Los criterios de exclusión para ambos grupos fueron que: (a) se encontraran hospitalizados; (b) presentaran

una discapacidad sensorial no corregida que pudiera afectar el rendimiento de los participantes en la aplicación de pruebas neuropsicológicas; (c) se encontraran diagnosticados con una enfermedad neurológica y/o psiquiátrica; (d) estuvieran tomando alguna medicación que alterara su funcionamiento neurológico; y (e) tuvieran más de cinco años de escolaridad.

Se controlaron variables clínicas potencialmente influyentes en el desempeño cognitivo, como el tiempo de diagnóstico, la presencia de comorbilidades (por ejemplo, diabetes e hipertensión) y tratamiento médico vigente. Estas variables fueron verificadas a partir de la historia clínica y entrevistas estructuradas con los pacientes y el personal médico tratante. Las evaluaciones fueron realizadas por dos psicólogas entrenadas bajo la supervisión de una neuropsicóloga clínica, quien efectuó reuniones semanales de calibración para garantizar la consistencia interevaluador y la aplicación estandarizada de las pruebas.

En total, se accedió a una muestra de 161 pacientes con enfermedad renal, de los cuales solo 30 cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. A partir de sus características sociodemográficas, se conformó el grupo control para asegurar que se encontraban debidamente pareados. En este punto, no se encontraron diferencias por edad (U = 399, z = –.75 p = .450), escolaridad (U = 447, z = –.49, p = 0.961) o nivel socioeconómico (U = 403, z = –0.91, p = .369) entre ambos grupos de participantes.

Instrumentos

La batería de evaluación neuropsicológica estuvo conformada por una prueba de tamizaje y cuatro pruebas neuropsicológicas, las más utilizadas en pacientes con ERC de acuerdo con los diferentes estudios realizados en esta población (Brodski *et al.*, 2018; Owalabi *et al.*, 2016; Pi *et al.*, 2016; Soto-Añari *et al.*, 2018).

La selección de los instrumentos respondió a criterios de validez y sensibilidad documentados para los dominios cognitivos que se reportan como más vulnerables en la ERC, particularmente, la atención, la memoria de trabajo, la flexibilidad y la velocidad de procesamiento. Estas pruebas presentan ventajas psicométricas comprobadas y disponibilidad de normas locales para población colombiana, además de que han sido utilizadas en investigaciones previas sobre disfunción cognitiva en ERC (Crowe *et al.*, 2021; Faria *et al.*, 2020; Soto-Añari *et al.*, 2018). Se priorizaron instrumentos que pudieran aplicarse con participantes de baja escolaridad, con el fin de minimizar el sesgo educativo en la interpretación de los resultados.

Por una parte, se empleó la prueba de tamizaje *Montreal Cognitive Assessment* (MOCA) por su amplio uso para la detección de deterioro cognitivo, por contar con corrección por una escolaridad menor a 12 años y estar validada en población colombiana, y por presentar una confiabilidad de α de Cronbach = 0.75 y una validez convergente del r = 0.72 con el MMSE (Pedraza *et al.*, 2016; Pereira-Manrique y Reyes, 2013).

El MOCA está constituido por ocho dominios cognitivos (abstracción, atención, denominación, habilidades visoespaciales/ejecutivas, lenguaje, memoria, orientación y recuerdo diferido) distribuidos en 19 ítems (Delgado *et al.*, 2019; Rossetti *et al.*, 2011). Su puntuación global está en el rango de entre 0 y 30 puntos. El punto de corte generalmente aceptado para indicar deterioro cognitivo leve (DCL) se sitúa en 25 puntos, mientras que para demencia corresponde a 17 puntos. En personas con baja escolaridad, se recomienda un punto de corte de 21 puntos para la detección de DCL, según la validación realizada en una muestra de adultos en la ciudad de Bogotá (Pedraza *et al.*, 2016). La confiablidad test-retest resultó ser moderada, con un valor de 0.62 del coeficiente Rho de Lin, una consistencia interna de 0.85, una validez de criterio de 0.66, y una curva de ROC aceptable (AUC = 0.76 para DCL y 0.81 para demencia) (Pedraza *et al.*, 2016).

Por otra parte, respecto a las pruebas neuropsicológicas, se emplearon cuatro instrumentos:

(a) El *test de palabras y colores* del STROOP (Golden, 2020), el cual cuenta con datos normativos para población colombiana (Arango-Lasprilla *et al.*, 2022) y se emplea para evaluar la capacidad inhibitoria como la velocidad de procesamiento. Específicamente, consta de tres láminas de 100 elementos distribuidos en cinco columnas de 20 elementos cada una. La primera está formada por las palabras ROJO, VERDE y AZUL, ordenadas azarosamente e impresas en tinta negra en una hoja tamaño oficio. Ninguna palabra aparece dos veces seguida en la misma columna. La segunda lámina contiene 100 estímulos conformados por equis (XXXX) impresas en tinta azul, verde o roja. La tercera contiene las pa-

labras de la primera lámina impresas en los colores de la segunda, en las que nunca coincide el color de la tinta con el nombre del color.

(b) El *trail making test, parte* B (TMT-B, Reitan, 1958), que es un instrumento que cuenta con resultados psicométricos normalizados para la población colombiana (Arango-Lasprilla *et al.*, 2022), y se emplea para evaluar atención y velocidad de procesamiento.

(c) El *test de aprendizaje verbal* de Hopkins (HVLT-R; Brandt, 1991), que cuenta con datos normativos colombianos (Arango-Lasprilla *et al.*, 2022), y es una prueba breve que evalúa aprendizaje y memoria verbal a partir de una lista de 12 palabras divididas en tres categorías que se presentan en tres ensayos consecutivos para su aprendizaje. Tras 20 minutos se le solicita al examinado recordar todas las palabras de la lista inicial (Benedict *et al.*, 1998; Brandt, 1991).

(d) El *subtest de retención de dígitos* de la escala de inteligencia WAIS-IV (Wechsler, 2014), que se incluyó como una medida de memoria de trabajo, debido a que es una de las medidas más populares para evaluar este dominio cognitivo, porque es de fácil aplicación y porque no tiene una alta exigencia asociada a procesos de escolarización (Rosas *et al.*, 2014; Wechsler, 2014).

Todas las pruebas para medir el funcionamiento cognitivo cuentan con datos normativos para población adulta colombiana, generados mediante modelos de regresiones múltiples, normas ajustadas por edad y escolaridad (Arango-Lasprilla *et al.*, 2022).

Procedimiento

Esta investigación fue evaluada por el Comité de Ética e Investigación de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali (Acta FHCS 57 de 2023). Posterior a la recepción de este aval, se procedió a solicitar autorización en hospitales de zonas urbanas y rurales del Valle del Cauca que contaran con el *programa de nefroprotección*, con el fin de identificar, desde este servicio, a los pacientes que cumplían con los criterios de inclusión/exclusión para invitarlos a participar en el estudio. Aquellos que ofrecieron su asentimiento verbal fueron citados a una sesión de evaluación, en la cual se les presentó el objetivo del estudio, se rectificó que cumplieran con los criterios del estudio, y quienes aceptaron participar firmaron el consentimiento informado. Después, se procedió con una entrevista inicial para la recolección de los datos sociodemográficos del paciente y, seguido de esto, se continuó con la evaluación neuropsicológica, realizada por dos estudiantes de maestría en neuropsicología clínica, con entrenamiento previo en la aplicación de las pruebas elegidas para este estudio.

Por su parte, los participantes del grupo de control (sanos) fueron seleccionados con la estrategia de voz a voz con los familiares del grupo de pacientes, y a través de instituciones de educación media que ofrecen estudios de primaria para adultos en zona rural.

La aplicación de las pruebas se realizó de forma individual, en un lugar silencioso y con buena iluminación en las instalaciones de un hospital del Estado, en el caso de los pacientes y familiares. Los demás participantes que conformaron el grupo control fueron evaluados en las instalaciones de centros educativos que permitieron la entrada a las investigadoras. A la mitad de los participantes se les aplicó las pruebas, de manera individual, en el siguiente orden: (1) test de tamizaje del MOCA, (2) TMT-B, (3) test de palabras y colores del STROOP, (4) test de aprendizaje verbal del HVLT-R, y (5) subtest de retención de dígitos en progresión y regresión del WAIS-IV. A la otra mitad de participantes se les aplicó las pruebas en el orden contrario. Las sesiones de evaluación tuvieron una duración aproximada de 45 a 60 minutos.

Consideraciones éticas

De acuerdo con el artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993 (Ministerio de Salud de Colombia, 1993), esta investigación se clasifica como un estudio con riesgo mínimo, al centrarse en la aplicación de pruebas neuropsicológicas en un solo momento de evaluación. Como se mencionó antes, este estudio contó con la aprobación del comité de ética correspondiente, y todos los participantes firmaron el consentimiento informado antes de su inclusión en el estudio.

Las investigadoras se aseguraron de cuidar los derechos y los intereses de los participantes para garantizar su bienestar y confidencialidad de los datos. Para ello, los datos fueron codificados y almacenados en dispositivos protegidos con contraseña, con acceso restringido al equipo investigador, garantizando su confidencialidad y uso exclusivo para los objetivos del estudio. Además,

no se realizó transferencia ni cesión de la información a terceros.

Los participantes cooperaron de forma libre en el estudio y se podían retirar en cualquier momento de la investigación. De acuerdo con lo anterior, este estudio se ajustó a los principios éticos de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (Manzini, 2000), en los que se determina que los participantes pueden ser parte de investigaciones siempre y cuando se acredite un justificado valor preventivo o diagnóstico para ello y no se afecte su salud mental.

Análisis de datos

Se calcularon estadísticos descriptivos para definir el nivel de funcionamiento cognitivo de los grupos de participantes en las pruebas neuropsicológicas aplicadas. Posteriormente, se aplicó la prueba Shapiro Wilk para evaluar la normalidad de los datos de aquellas variables continuas. De acuerdo con su resultado, se empleó la prueba t de Student o la U de Mann-Whitney de muestras independientes para comparar el desempeño de los grupos de pacientes y controles sanos en la batería neuropsicológica conformada para este estudio. Por último, se calculó un modelo de regresión logística binomial para estimar la probabilidad de que pacientes con ERC en estadios 1 y 2 de la enfermedad presentaran un deterioro cognitivo, según las pruebas aplicadas.

La evaluación de la relación lineal entre las variables independientes y el *logit* de la variable dependiente se realizó con el estadístico Box-Tidwell (Box y Tidwell, 1962), y el ajuste del modelo se estimó con el estadístico Nagelkerke (Thompson *et al.*, 2003). La especificidad y sensibilidad de cada prueba se calculó con la curva de ROC. Todos los análisis se realizaron para un valor p de .05 con la versión 25 del programa estadístico SPSS (IBM, 2017).

Resultados

Respecto a las características sociodemográficas, la edad promedio de ambos grupos fue de 51 años (DE = 7.00); el 70 % era de sexo femenino, el 96.7 % vivía en el Valle del Cauca y el 78.3 % pertenecía a la zona rural.; y el 70 % de todos los participantes reportó ubicarse en el estrato socioeconómico 1. En cuanto al nivel educativo, el 26 % había cursado hasta segundo año de escolaridad y el 56.7 % manifestó tener cinco años de estudios. Aunque los grupos fueron pareados por edad, sexo y escolaridad, se observó una mayor heterogeneidad en el estrato socioeconómico del grupo control, pues incluyó participantes de estratos 3 y 5, categorías no representadas en el grupo de pacientes. Este aspecto se consideró posteriormente en la interpretación de los resultados. En la tabla 1 se presentan con mayor detalle las características sociodemográficas de los dos grupos de evaluados.

Tabla 1. Características sociodemográficas de los dos grupos de participantes

Características		Controles		Pacientes ERC	
		n	%	*n*	%
Sexo	Femenino	18	60.0	24	80.0
	Masculino	12	40.0	6	20.0
Estrato socioeconómico	1	21	70.0	23	76.7
	2	4	13.3	7	23.3
	3	3	10.0	0	0.0
	5	2	6.7	0	0.0
Residencia	Rural	19	63.3	28	93.3
	Urbana	11	36.7	2	6.7

» Tabla continúa

» Tabla continúa

Características		Controles		Pacientes ERC	
		n	%	*n*	%
Años de escolaridad	Ninguno	1	3.3	2	6.7
	1	4	13.3	1	3.3
	2	2	6.7	5	16.7
	3	5	16.7	5	16.7
	4	1	3.3	0	0.0
	5	17	56.7	17	56.7
Estado civil	Casado	11	36.7	9	30.0
	Unión libre	14	46.7	14	46.7
	Soltero	3	10.0	4	13.3
	Viudo	0	0.0	1	3.3
	Divorciado	2	6.7	2	6.7

Nota. Fuente: elaboración propia.

En cuanto al desempeño de los participantes en las pruebas neuropsicológicas aplicadas, se puede observar que su perfil es similar al presentado por el grupo control (véase tabla 2). Como era de esperarse, la puntuación global del MoCA suele sugerir un posible deterioro cognitivo en la mayoría de los participantes, específicamente en 29 pacientes y 20 controles. En las demás pruebas, se encuentra que entre un 10 % y 50 % de participantes puntúa por debajo de lo esperado segúnlas normas de calificación e interpretación de normalizaciones para población colombiana.

Tabla 2. Pruebas neuropsicológicas aplicadas

Características	Grupo control *M* (*DE*)	Grupo de pacientes ERC *M* (*DE*)	*p*	*d*
MoCA total	21.67 (5.45)	20.30 (3.74)	.192	–0.20
Visoespacial ejecutiva	3.33 (1.32)	2.77 (1.28)	.077	–0.26
Identificación	2.60 (.724)	2.77 (.679)	.219	0.13
Atención	3.77 (1.81)	3.47 (1.59)	.448	–0.11
Lenguaje	1.43 (1.04)	1.27 (.980)	.533	–0.09
Abstracción	1.77 (.568)	1.50 (.572)	.025	–0.27
Recuerdo diferido	2.17 (1.68)	1.67 (1.35)	.180	–0.20
Orientación	5.60 (1.19)	5.87 (.571)	.371	0.07
TMT aciertos	9.17 (5.80)	7.27 (5.69)	.228	–0.18
TMT tiempo	105.23 (37.18)	148.97 (80.43)	.002[A]	–0.70

» Tabla continúa

» Tabla continúa

Características	Grupo control *M* (*DE*)	Grupo de pacientes ERC *M* (*DE*)	*p*	*d*
Interferencia STROOP	1.27 (13.69)	–5.29 (9.59)	.079	–0.27
Recuerdo total de Hopkins	13.63 (3.97)	13.50 (3.33)	.716	–0.05
% de recuerdo retenido de Hopkins	61.08 (40.43)	80.70 (46.30)	.445[a]	–0.45
Dígitos total del WAIS-IV	16.50 (4.32)	16.33 (3.65)	.953	–0.01

Nota. [a] Uso de prueba *t* para muestras independientes. En los casos no marcados, se empleó la *U* de Mann-Whitney.
Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 2, los dos grupos de participantes se diferenciaron significativamente en dos medidas: en la subprueba de abstracción del MOCA (p = .025, d = –0.27) y en el tiempo de la prueba TMT-B (p = .002, d = –0.70). En ambos casos, los pacientes presentaron un desempeño menor al observado en el grupo control. El tamaño del efecto para la subprueba de abstracción fue pequeño, mientras que para el tiempo del TMT-B fue moderado-alto, lo cual indica un enlentecimiento cognitivo clínicamente relevante en los pacientes.

En el resto de las medidas no se observaron diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, los tamaños del efecto sugieren tendencias a un menor rendimiento en dominios visoespaciales-ejecutivos (d = –0.26), de memoria diferida (d = –0.20) y en la tarea de interferencia del STROOP (d = –0.27). Las demás comparaciones presentaron efectos triviales (d < 0.20), lo que indica un desempeño similar entre grupos. En conjunto, estos resultados apuntan a un patrón leve de deterioro en la velocidad de procesamiento y en el razonamiento abstracto en los pacientes con ERC en estadios tempranos, más evidente en tareas que demandan control ejecutivo y flexibilidad cognitiva.

Las dos medidas que presentaron diferencias significativas entre grupos (abstracción y tiempo del TMT-B), junto con la edad y las puntuaciones totales de las demás pruebas aplicadas, fueron empleadas como variables independientes en el modelo de regresión logística binomial que se realizó para evaluar su capacidad para predecir un déficit cognitivo en pacientes con ERC en los dos primeros estadios.

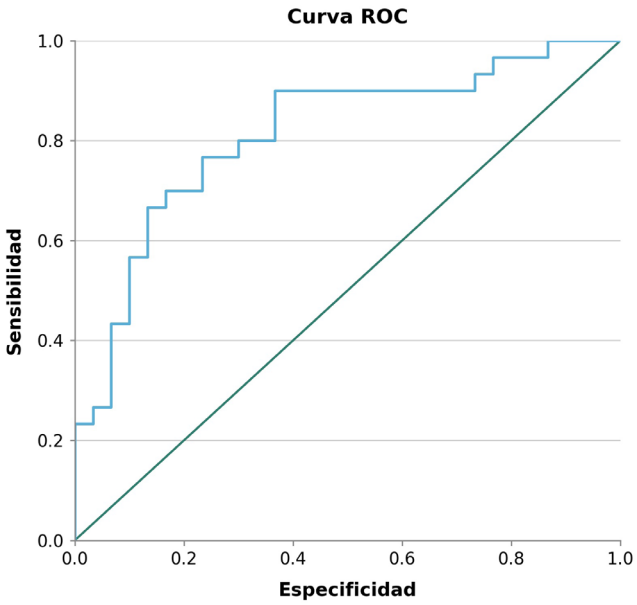
Para ello, se evaluó la linealidad de las variables continuas con respecto al logit de la variable dependiente mediante el procedimiento de Box-Tidwell (Box y Tidwell, 1962). Además, se aplicó una corrección de Bonferroni utilizando los cuatro términos del modelo, lo que dio como resultado que se aceptara una significación estadística de p < .0125 (Tabachnick y Fidell, 2014). Con base en esta evaluación, se encontró que todas las variables independientes continuas estaban relacionadas linealmente con el *logit* de la variable dependiente. Cabe señalar que se calcularon varios modelos para evaluar las pruebas neuropsicológicas usadas en este estudio según los dominios cognitivos que la literatura internacional reporta que suelen ser afectados en los primeros estadios de la ERC.

El modelo de regresión logística final, conformado por tres variables predictoras —la subprueba de abstracción del MOCA, el tiempo en el TMT-B y la interferencia del STROOP— fue estadísticamente significativo ($\chi 2(4) = 18$, p = .01). El modelo explicó el 34.6 % (Nagelkerke R2) de la varianza en el déficit cognitivo y clasificó correctamente el 68.3 % de los casos.

Asimismo, la sensibilidad fue del 63.3 %, la especificidad fue del 73.3 %, el valor predictivo positivo fue del 70.4 % y el valor predictivo negativo fue del 66.7 % (véase figura 1). Dado el tamaño muestral, este modelo de regresión debe considerarse de carácter exploratorio.

En su conjunto, este modelo sugiere, preliminarmente, que aumentos en el tiempo en el TMT-B se asocian con una mayor probabilidad de presentar deterioro cognitivo si se es un paciente con ERC en estadio 1 o 2 (1.02). Entre tanto, una disminución en la puntuación de abstracción del MOCA (3.18), así como disminuciones en la interferencia de la prueba de STROOP (1.06), se asocian con una mayor probabilidad de ser un paciente con ERC estadio 1 y 2 con un deterioro cognitivo (véase tabla 3).

Figura 1. Curva ROC



Nota. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 1, el área debajo de la curva ROC fue de 0.787 (IC 95 %: 0.674-0.899), lo cual da cuenta de una capacidad discriminativa aceptable en esta muestra específica (Hosmer *et al.*, 2013).

Tabla 3. Regresión logística binomial

Características	*B*	*ES*	Wald	*gl*	*p*	Exp(B)	IC 95 %	
							Inf.	Sup.
Abstracción MoCA	–1.16	0.58	4.03	1	.045	0.31	.102	.97
TMT-B tiempo	0.02	0.01	5.89	1	.015	1.02	1.00	1.03
Interferencia STROOP	–0.06	0.03	4.88	1	.027	0.94	.89	.99
Edad	–0.06	0.04	1.85	1	.174	0.94	.87	1.03
Constante	2.86	2.60	1.21	1	.272	17.44		

Nota. Fuente: elaboración propia.

Discusión

El principal aporte de esta investigación fue haber explorado, en una muestra de pacientes con ERC en estadios tempranos y baja escolaridad, qué pruebas neuropsicológicas de fácil y rápida aplicación mostraron mayor capacidad discriminativa en esta población, lo cual aporta evidencia preliminar sobre su posible utilidad de tamizaje. Tal hallazgo sugiere que este tipo de pacientes podría mostrar diferencias cognitivas sutiles que no siempre son evidentes en la práctica clínica habitual y que podrían requerir procedimientos de evaluación más sensibles para su detección.

Específicamente, los resultados obtenidos muestran que en los estadios tempranos de la ERC el desempeño

cognitivo de los pacientes no difiere significativamente del grupo control en la mayoría de dominios, aunque se observan tendencias hacia un menor rendimiento en tareas de flexibilidad y velocidad de procesamiento. Considerando el tamaño limitado de la muestra y la naturaleza transversal del estudio, estas diferencias deben interpretarse como tendencias observadas en esta muestra, más que como evidencia concluyente de deterioro cognitivo incipiente. Ahora bien, esta tendencia observada coincide con los hallazgos de las revisiones sistemáticas de Berger *et al.* (2016), Brodski *et al.* (2018) y Tian *et al.* (2019), donde se encontró que, en los primeros estadios de la ERC, los pacientes suelen presentar dificultades en velocidad de procesamiento.

Los bajos desempeños en las dos pruebas que resultaron significativamente diferentes entre el grupo de pacientes y controles podrían estar indicando afectaciones en la integridad de la sustancia blanca y reducción en los volúmenes cerebrales de estructuras de ubicación cortico-subcortical de predominio frontal, al ser el tipo de red que debe activarse para llevar a cabo ambas pruebas, tanto para regular la atención y velocidad de procesamiento de la prueba TMT-B como para facilitar procesos de razonamiento verbal (Bos *et al.*, 2018; Carbone *et al.*, 2023; Soto-Añari *et al.*, 2018). Incluso, es el tipo de red que se ha vinculado con el desempeño de inhibición en el STROOP, medida que, aunque no alcanzó el nivel de significancia estipulado en la comparación entre grupos, sí mostró ser significativa para el modelo de predicción.

Por otra parte, no se encontraron en este estudio diferencias significativas en atención y memoria a corto plazo, como lo reportan las revisiones sistemáticas ya mencionadas, para pacientes en los primeros estadios de la ERC. Una posible razón de esto es que las pruebas empleadas activan redes cerebrales corticales de áreas asociativas posteriores, como la zona temporo-parieto-occipital, que podrían mostrar algún tipo de compensación en los primeros estadios de la enfermedad, ofreciéndole al paciente una mayor capacidad para resistir a las afectaciones neurológicas, que regiones fronto-subcorticales, en las que se sugiere pueden estar ubicándose los primeros indicios de afectación neuropsicológica de la ERC. No obstante, esta suposición requiere de verificación empírica.

De hecho, se ha encontrado que una mayor afectación cortico-subcortical frontal estaría en consonancia con los hallazgos de uno de los orígenes más comunes del deterioro cognitivo leve en adultos medios y mayores (Jia *et al.*, 2014). Estos hallazgos son consistentes con estudios que han señalado una mayor vulnerabilidad de redes frontales frente a diversas fuentes de daño neurológico, incluyendo enfermedades metabólicas como la ERC, la cual no suele impactar directamente el sistema nervioso central. Estos datos también sugieren que personas con baja escolaridad suelen puntuar bajo en pruebas neuropsicológicas, y más si estas dependen de conocimientos adquiridos a través de la escuela.

Por otra parte, debe considerarse que los grupos difirieron también parcialmente en su distribución por estrato socioeconómico. Aunque la mayoría de los participantes pertenecía a los estratos 1 y 2, el grupo control incluyó algunos participantes de estratos más altos. Diversos estudios (Jia *et al.*, 2014; Larnyo *et al.*, 2022) han mostrado que el nivel socioeconómico puede asociarse con oportunidades educativas, estimulación cognitiva y acceso a recursos de salud, variables que pueden influir en el desempeño cognitivo independientemente de la presencia de ERC. Por ello, no puede descartarse que una parte de las diferencias observadas refleje la influencia conjunta de factores socioeconómicos y educativos.

Para algunos autores, tanto vivir en zonas rurales como ejercer labores no cualificadas se han asociado con bajos desempeños cognitivos, especialmente en muestras de adultos mayores, en las que se sospecha un deterioro cognitivo que afecta la calidad de vida de estas personas (Feger *et al.*, 2020; Jia *et al.*, 2014; Soto-Añari *et al.*, 2018). En este punto, en el presente trabajo se encontró un patrón similar, pues más de la mitad de los participantes puntuaron por debajo de lo esperado en la prueba de rastreo MOCA, y entre un 30-50 % alcanzó un desempeño igual o menor a un percentil 25 en las demás pruebas aplicadas. Esto podría sugerir que en contextos de baja escolaridad el desempeño en pruebas neuropsicológicas puede verse influenciado por factores educativos, pero esto no es suficiente para atribuirles un daño neurológico. Asimismo, sugiere un impacto del bajo nivel educativo y del contexto rural sobre el desempeño en pruebas de tamizaje, aun cuando estas cuenten con ajustes por escolaridad. Para confirmar esto, es importante contar con estudios como el que se detalla en este trabajo, en los que se controle por nivel escolar y edad, para identificar si realmente hay desempeños que, incluso así, presentan un perfil diferente al esperado.

Finalmente, es de destacar que se encontró que dos pruebas que ofrecen información de velocidad de procesamiento (tiempo del TMT-B e interferencia del STROOP) y una de razonamiento verbal (subprueba de abstracción del MoCA) mostraron mayor capacidad discriminativa en esta muestra de pacientes en los dos primeros estadios de la ERC y con baja escolaridad. El modelo clasificó correctamente el 63.3 % de los casos en esta muestra, lo cual sugiere una capacidad discriminativa moderada que requiere de validación en estudios posteriores.

Ahora bien, este modelo tiene un poder explicativo del 34.6 %, el cual, para estudios que incluyen medidas cognitivas, suele ser decente; sin embargo, debe interpretarse como un resultado preliminar, dado el tamaño muestral, y más si se tiene en cuenta que los pacientes sufren de una enfermedad metabólica que no genera un impacto directo sobre el sistema nervioso central, sino que, por el contrario, se trata de un daño sistémico que impacta a todo el organismo, incluyendo daños en su funcionamiento neurológico.

En conclusión, los hallazgos sugieren que una batería breve conformada por estas pruebas podría ser útil para orientar procesos de tamizaje cognitivo en pacientes con ERC temprana y baja escolaridad; hipótesis que deberá confirmarse en estudios posteriores.

Por último, es importante señalar que este estudio presenta limitaciones asociadas al tamaño de la muestra, la ausencia de seguimiento longitudinal y el control limitado de algunas variables clínicas. Además, aunque las pruebas utilizadas cuentan con normas colombianas ajustadas por escolaridad, estas pueden no reflejar plenamente las condiciones socioculturales de poblaciones rurales con muy baja escolaridad, lo que se suma a que los grupos no fueron completamente equivalentes en variables como estrato socioeconómico y procedencia rural. Futuros estudios deberían replicar estos hallazgos con muestras más amplias y diseños longitudinales, incorporando indicadores clínicos de la ERC y una mayor diversidad sociodemográfica, con el fin de fortalecer la generalización de los resultados y el desarrollo de protocolos de tamizaje más sensibles y culturalmente pertinentes.

Referencias

Arango-Lasprilla, J. C., Rivera, D., y Usuga, D. R. (2022). *Neuropsicología en Colombia: Datos normativos, estado actual y retos a futuro*. Manual Moderno.

Arnold, R., Issar, T., Krishnan, A. V., y Pussell, B. A. (2016). Neurological complications in chronic kidney disease. *Journal of the Royal Society of Medicine Cardiovascular Disease*, *5*, 1-13. https://doi.org/10.1177/2048004016677687

Ato, M., López, J. J., y Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, *29*(3), 1038-1059. https://dx.doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511

Benedict, R. H., Schretlen, D., Groninger, L., y Brandt, J. (1998). Hopkins Verbal Learning Test–Revised: Normative data and analysis of inter-form and test-retest reliability. *The Clinical Neuropsychologist*, *12*(1), 43-55. https://doi.org/10.1076/clin.12.1.43.1726

Berger, I., Wu, S., Masson, P., Kelly, P. J., Duthie, F. A., Whiteley, W., Parker, D., Gillespie, D., y Webster, A. C. (2016). Cognition in chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis. *BMC Medicine*, *14*, 206. https://doi.org/10.1186/s12916-016-0745-9

Bos, D., Wolters, F. J., Darweesh, S. K., Vernooij, M. W., de Wolf, F., Ikram, M. A., y Hofman, A. (2018). Cerebral small vessel disease and the risk of Dementia: A systematic review and meta-analysis of population-based evidence. *Alzheimer's & Dementia*, *14*(11), 1482-1492. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2018.04.007

Box, G. E. P., y Tidwell, P. W. (1962). Transformation of the independent variables. *Technometrics*, *4*(4), 531-550. https://doi.org/10.1080/00401706.1962.10490038

Brandt, J. (1991). The Hopkins Verbal Learning Test: Development of a new memory test with six equivalent forms. *The clinical neuropsychologist*, *5*(2), 125-142. https://doi.org/10.1080/13854049108403297

Brickman, A. M., Cabo, R., y Manly, J. J. (2006). Ethical issues in cross-cultural neuropsychology. *Applied Neuropsychology*, *13*(2), 91-100. https://doi.org/10.1207/s15324826an1302_4

Brodski, J., Rossell, S. L., Castle, D. J., y Tan, E. J. (2018). A systematic review of cognitive impairments associated with kidney failure in adults before natural age-related changes. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *25*(1), 101-114. https://doi.org/10.1017/S1355617718000917

Carbone, C., Balboni, E., Beltrami, D., Gasparini, F., Vinceti, G., Gallingani, C., Salvatori, D., Salemme, S., Molinari, M. A., Tondelli, M., Marti, A., Chiari, A. L., y Zamboni, G. (2023). Neuroanatomical Correlates of Cognitive Tests in Young-onset MCI. *Journal of Integrative Neuroscience*, *22*(6), 152. https://doi.org/10.31083/j.jin2206152

Crowe, K., Quinn, T. J., Mark, P. B., y Findlay, M. D. (2021). "Is It Removed During Dialysis?"—Cognitive Dysfunction in Advanced Kidney Failure—A Review Article. *Frontiers in Neurology*, *12*, 787370. https://doi.org/10.3389/fneur.2021.787370

Delgado, C., Araneda, A., y Behrens, M. I. (2019). Validation of the Spanish-language version of the Montreal Cognitive Assessment test in adults older than 60 years. *Neurología (English Edition)*, *34*(6), 376-385. https://doi.org/10.1016/j.nrleng.2018.12.008

Drake, M. A. (2007). Evaluación de la atención. En D. I. Burin, M. A. Drake y P. Harris (Comps.), Evaluación neuropsicológica en adultos (pp. 129-161). Paidós.

Drew, D. A., Weiner, D. E., y Sarnak, M. J. (2019). Cognitive impairment in CKD: Pathophysiology, management, and prevention. *American Journal of Kidney Diseases: The Official Journal of the National Kidney Foundation*, *74*(6), 782-790. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.05.017

Duarte, A., Gómez, L., Aguirre, D., y Pineda, D. (2006). Caracterización neuropsicológica de los pacientes adultos en diálisis de una institución especializada de Medellín-Colombia. *Universitas Psychologica*, *5*(3), 627-646. http://hdl.handle.net/10554/33168

Faria, A. L., Pinho, M. S. y Bermúdez i Badia, S. (2020). A comparison of two personalization and adaptive cognitive rehabilitation approaches: a randomized controlled trial with chronic stroke patients. *Journal of NeuroEngineering Rehabilitation*, *17*, 78. https://doi.org/10.1186/s12984-020-00691-5

Feger, D. M., Willis, S. L., Thomas, K. R., Marsiske, M., Rebok, G. W., Felix, C., y Gross, A. L. (2020). Incident instrumental activities of daily living difficulty in older adults: Which comes first? Findings from the advanced cognitive training for independent and vital elderly study. *Frontiers in Neurology*, *11*, 550577. https://doi.org/10.3389/fneur.2020.550577

Fraser, C. L., y Arieff, A. I. (1988). Nervous system complications in uremia. *Annals of internal medicine*, *109*(2), 143-153. https://doi.org/10.7326/0003-4819-109-2-143

Golden, C. J. (2020/1994). *Stroop. Test de Colores y Palabras* (B. Ruiz-Fernández, T. Luque y F. Sánchez-Sánchez, Eds.). TEA Ediciones.

Harhay, M. N., Xie, D., Zhang, X., Hsu, C. Y., Vittinghoff, E., Go, A. S., Sozio, M., Blumenthal, J., Seliger, S., Chen, J., Deo, R., Dobre, M., Akkina, S., Reese, P. P., Lash, J. P., Yaffe, K., Tamura, M. K., Appel, L. J., Feldman, H. I., y Rahman, M. (2018). Cognitive impairment in non-dialysis-dependent CKD and the transition to dialysis: findings from the chronic renal insufficiency cohort (CRIC) study. *American Journal of Kidney Diseases*, *72*(4), 499-508. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2018.02.361

Hosmer, D. W., Jr., Lemeshow, S., y Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression* (3.ª ed.) Wiley.

IBM Corporation Released. (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows* (Version 25.0) [Programa de ordenador]. IBM Corp.

Jia, J., Wang, F., Wei, C., Zhou, A., Jia, X., Li, F., Tang, M., Chu, L., Zhou, Y., Zhou, C., Cui, Y., Wang, Q., Wang, W., Yin, P., Hu, N., Zuo, X., Song, H., Qin, W., Wu, L., y Dong, X. (2014). The prevalence of dementia in urban and rural areas of China. *Alzheimer's & dementia*, *10*(1), 1-9. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2013.01.012

Joseph, S. J., Bhandari, S. S., y Dutta, S. (2019). Cognitive impairment and its correlates in chronic kidney disease patients undergoing haemodialysis. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, *8*(36), 2818-2822. https://doi.org/10.14260/jemds/2019/611

Karakizlis, H., Thiele, S., Greene, B., y Hoyer, J. (2021). Cognitive performance in dialysis patients- "when is the right time to test?". *BMC Nephrology*, *22*(1), 1-10. https://doi.org/10.1186/s12882-021-02333-x

Kimmel, P. L., Thamer, M., Richard, C. M., y Ray, N. F. (1998). Psychiatric illness in patients with end-stage renal disease. *The American Journal of Medicine*, *105*(3), 214-221. https://doi.org/10.1016/S0002-9343(98)00245-9

Larnyo, E., Dai, B., Nutakor, J. A., Ampon-Wireko, S., Larnyo, A., & Appiah, R. (2022). Examining the impact of socioeconomic status, demographic characteristics, lifestyle and other risk factors on adults' cognitive functioning in developing countries: an analysis of five selected WHO SAGE Wave 1 Countries. *International journal for equity in health*, *21*(1), 31. https://doi.org/10.1186/s12939-022-01622-7

Manzini, J. L. (2000). Declaración de Helsinki: principios éticos para la investigación médica con participantes humanos. *Acta bioethica*, *6*(2), 321-334. https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/

Ministerio de Salud de Colombia. (1993, octubre 4). *Resolución 8430 de 1993. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud*. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/de/dij/resolucion-8430-de-1993.pdf

Murthy, V. S., y Shukla, V. S. (2020). A study of executive function in patients with chronic kidney disease before and after a single session of hemodialysis. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*, *11*(2), 250-255. https://doi.org/10.1055/s-0040-1703961

National Kidney Foundation. (2012). KDOQI clinical practice guideline for diabetes and CKD: 2012 update. *American Journal of Kidney Diseases, 60*(5), 850-886. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2012.07.005

Owolabi, L. F., Abdu, A., Ibrahim, A., Owolabi, D. S., Nalado, A., Bappa, A., y Taura, A. A. (2016). Related factors and predictors of cognitive dysfunction in chronic kidney disease on maintenance hemodialysis in Nigeria. *Journal of Neurosciences in Rural Practice, 7*(S1), S062-S067. https://doi.org/10.4103/0976-3147.196433

Pedraza, O. L., Salazar, A. M., Sierra, F. A., Soler, D., Castro, J., Castillo, P., Hernández, C., y Piñeros, C. (2016). Confiabilidad, validez de criterio y discriminante del Montreal Cognitive Assessment (MoCA) test, en un grupo de adultos de Bogotá. *Acta Médica Colombiana*, *41*(4), 221-228. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163149123004

Pereira-Manrique, F., y Reyes, M. F. (2013). Confiabilidad y validez del test Montreal Cognitive Assessment (MoCA) en población mayor de Bogotá, Colombia. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias, 13*(2), 39-61. https://revistaneurociencias.com/index.php/RNNN/article/view/335/276

Pi, H.-C., Xu, Y.-F., Xu, R., Yang, Z.-K., Qu, Z., Chen, Y.-Q., Liu, G.-L., y Dong, J. (2016). Cognitive impairment and structural neuroimaging abnormalities among patients with chronic kidney disease. *Kidney and Blood Pressure Research, 41*(6), 986-996. https://doi.org/10.1159/000452603

Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an Indicator of Organic Brain Damage. *Perceptual and Motor Skills, 8*(3), 271-276. https://doi.org/10.2466/pms.1958.8.3.271

Roebuck-Spencer, T. M., Glen, T., Puente, A. E., Denney, R. L., Ruff, R. M., Hostetter, G., y Bianchini, K. J. (2017). Cognitive screening tests versus comprehensive neuropsychological test batteries: A national academy of neuropsychology education paper. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists, 32*(4), 491-498. https://doi.org/10.1093/arclin/acx021

Rosas, R., Tenorio, M., Pizarro, M., Cumsille, P., Bosch, A., Arancibia, S., Carmona-Halty, M., Pérez-Salas, C. P., Pino, E., Vizcarra, B., y Zapata-Sepúlveda, P. (2014). Estandarización de la Escala Wechsler de Inteligencia Para Adultos: Cuarta Edición en Chile. *Psykhe, 23*(1), 1-18. https://dx.doi.org/10.7764/psykhe.23.1.529

Rossetti, H. C., Lacritz, L. H., Cullum, C. M., y Weiner, M. F. (2011). Normative data for the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) in a population-based sample. *Neurology, 77*(13), 1272-1275. https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e318230208a

Sagubay, D. J. Á., Macas, J. T., y Celleri, W. P. (2017). Deterioro cognitivo en pacientes con hemodiálisis. *Medicina, 21*(1), 27-33. https://doi.org/10.23878/medicina.v21i1.759

Soto-Añari, M., López, N., Aquino-Ayala, R., Denegri-Solís, L., Belón-Hercilla, V., Ferrel-Ortega, F.-R., Caldichoury, N., y Hernández-Chamorro, J. (2018). Afectación Neuropsicológica de la Función Ejecutiva en Pacientes con Insuficiencia Renal Crónica. *Revista CES Psicología, 11*(2), 78-87. https://doi.org/10.21615/cesp.11.2.7

Tabachnick, B. G., y Fidell, L. S. (2014). *Using multivariate statistics* (6.ª ed.). Pearson.

Tanaka, S., y Okusa, M. D. (2020). Crosstalk between the nervous system and the kidney. *Kidney International, 97*(3), 466-476. https://doi.org/10.1016/j.kint.2019.10.032

Tian, X., Guo, X., Xia, X., Yu, H., Li, X., y Jiang, A. (2019). The comparison of cognitive function and risk of dementia in CKD patients under peritoneal dialysis and hemodialysis: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis. *Medicine, 98*(6), e14390. https://doi.org/10.1097/md.0000000000014390

Thompson, W. K., Xie, M., y White, H. R. (2003). Transformations of covariates for longitudinal data. *Biostatistics, 4*(3), 353-364. https://doi.org/10.1093/biostatistics/4.3.353

Wechsler, D. (2014). *WAIS-IV, Escala Weschler de inteligencia para adultos-IV* (Trad.: M. C. Uribe Ferrari). Manual Moderno.

Cognitive Profile of Patients with Early-Stage Chronic Kidney Disease and Low Educational Attainment

Perfil cognitivo en pacientes con enfermedad renal crónica en estadios tempranos y baja escolaridad

Received: April 26, 2024; **Reviewed:** January 29, 2026; **Accepted:** June 4, 2026

Diana Patricia Caicedo Navarro
Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4041-7735

Natalia Cadavid-Ruiz *
Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3699-5068

Gladys Eugenia Puentes Páramo
Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-1319-8304

Abstract

This study aimed to compare the cognitive profile of patients with early-stage chronic kidney disease (CKD) and low educational attainment with that of matched controls and to preliminarily explore which neuropsychological measures have the greatest discriminative ability in this sample. A cross-sectional observational study with exploratory logistic regression analyses was conducted, including 60 participants: 30 patients with CKD and 30 healthy controls matched for age ($M = 51$, $SD = 7.00$), sex (70% women), and educational attainment (56% with five years of education). All participants were assessed using the MoCA cognitive screening test and four neuropsychological tests to evaluate: attention (Trail Making Test-B, TMT-B), processing speed and inhibition (STROOP), working memory (Digit Span subtest of the Wechsler intelligence scale, WAIS-IV), and long-term verbal memory (Hopkins Verbal Learning Test). As a result, the patient group showed poorer performance on the abstraction subtest of the cognitive screening test, in the TMT-B completion time, and the STROOP interference measure. The binary logistic regression showed that these tests constituted predictor variables, with a sensitivity of 63.3% and a specificity of 73.3%. These findings suggest that patients with early-stage CKD may present difficulties in processing speed and abstract reasoning, indicating possible predominantly frontal dysfunction. However, this finding should be considered preliminary and requires validation in a larger sample.

Keywords

Chronic kidney disease, cognitive impairment; educational attainment; neuropsychological tests; diagnosis; health equity.

Abstract

El objetivo de este estudio fue comparar el perfil cognitivo de pacientes con enfermedad renal crónica (ERC) en estadios tempranos y baja escolaridad frente a controles pareados, y explorar preliminarmente qué medidas neuropsicológicas muestran mayor capacidad discriminativa en esta muestra. Se realizó un estudio observacional con análisis exploratorio de regresión logística, de corte transversal, en el que participaron 60 personas, 30 pacientes con erc y 30 sujetos sanos, pareados por edad (M = 51, DE = 7.00), sexo (70 % mujeres) y escolaridad (56 % con cinco años de educación). Todos los participantes fueron evaluados con la prueba cognitiva de rastreo rápido moca y cuatro subpruebas neuropsicológicas, con el fin de evaluar: la atención (Trail Making Test-b, tmt-b), la velocidad de procesamiento e inhibición (STROOP), la memoria de trabajo (subtest de retención de dígitos de la escala de inteligencia Wechsler, WAIS-IV) y la memoria de largo plazo verbal (test de aprendizaje verbal de Hopkins). Como resultado, el grupo de pacientes mostró un menor desempeño en la subprueba de abstracción del test de rastreo rápido, en el tiempo del tmt-b y en la medida de interferencia del stroop. El modelo de regresión binaria mostró que las pruebas mencionadas conforman las variables predictoras, con una sensibilidad de 63.3 % y una especificidad del 73.3 %. De lo anterior se concluye que en estadios tempranos de ERC se pueden presentar dificultades en la velocidad de procesamiento y en el razonamiento abstracto, lo cual sugiere una posible afectación de predominio frontal. No obstante, este hallazgo es preliminar y requiere de una validación con una muestra más amplia.

Palabras clave

Enfermedad renal; deterioro cognitivo; escolaridad; pruebas neuropsicológicas; diagnóstico; equidad en salud.

How to cite [APA]:

Caicedo, D. P., Puentes, G. E., y Cadavid-Ruiz, N. (2025). Perfil cognitivo en pacientes con enfermedad renal crónica en estadios tempranos y baja escolaridad. *Acta Colombiana de Psicología*, *29*, 1-15. https://doi.org/10.14718/ACP.2026.29.9

* **Corresponding author** Cl. 18 #118-250, Barrio Pance, Cali, Valle del Cauca, Colombia. Email: ncadavid@javerianacali.edu.co

Author Note: The authors thank the participants and the healthcare institutions that facilitated the development of this study. No datasets, computer code, or other research materials requiring deposition in open-access repositories were generated. Additional information about the study may be requested from the corresponding author. This manuscript does not reproduce tables, figures, images, instruments, or other copyrighted materials requiring additional permission for publication. This study was conducted as part of a master's thesis in clinical neuropsychology.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflicts of interest related to the subject matter, results, or publication of this study. This research received no external funding and was not conducted as part of a project funded by public or private institutions.

Introduction

Over the past decades, clinical neuropsychology has shown growing interest in the cognitive functioning of patients with *chronic kidney disease* (CKD) (Arango-Lasprilla *et al.*, 2022; Tian *et al.*, 2019), because impairments in communication between the kidneys and the autonomic nervous system may result in sodium accumulation in the brain. This, in turn, produces oxidative stress in this tissue and triggers a neuroinflammatory response that, over time, may lead to uremic encephalopathy (Bos *et al.*, 2018; Crowe *et al.*, 2021; Drew *et al.*, 2019; Murthy & Shukla, 2020; Soto-Añari *et al.*, 2018; Tanaka & Okusa, 2020).

Studies such as those conducted by Fraser and Arieff (1988) and Kimmel *et al.* (1998) suggest that the cognitive functioning of patients with CKD is adversely affected in the early stages of the disease, and that patients in the more advanced stages may develop dementia, with a prevalence twice that observed in the general population.

Likewise, the scientific literature has described that, during the first two stages, cognitive difficulties may go unnoticed by both patients and their treating physicians, the most common being reduced processing speed, attention, and short-term memory (Berger *et al.*, 2016; Brodski *et al.*, 2018; Drew *et al.*, 2019; Harhay *et al.*, 2018; Joseph *et al.*, 2019; Owolabi *et al.*, 2016; Pi *et al.*, 2016). During stage 3, or the mild-to-moderate stage, executive dysfunction is also observed, whereas in stages 4 and 5, known as the end stage, generalized cognitive impairment is observed, together with deficits in working memory, long-term memory, visuospatial skills, language, and praxis (Brodski *et al.*, 2018; Drew *et al.*, 2019; Duarte *et al.*, 2006). During these latter stages, patients may develop uremic encephalopathy and even dementia, depending on the severity of the cognitive symptoms and the limitations they impose on patients' performance of activities of daily living (Arnold *et al.*, 2016; Duarte *et al.*, 2006; Feger *et al.*, 2020).

However, identifying cognitive impairment in patients with CKD in clinical settings is challenging, as performance on neuropsychological tests is influenced by both sociodemographic and clinical factors. This means that CKD is not the sole factor that may determine a patient's cognitive performance on a given test (Brickman *et al.*, 2006). For example, years of formal education, reading proficiency, medication effects, and mood have been shown to affect performance on cognitive tests (Brickman *et al.*, 2006; Joseph *et al.*, 2019; Roebuck-Spencer *et al.*, 2017).

General cognitive screening instruments, such as the *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) and the *Mini-Mental State Examination* (MMSE), are often used in the cognitive assessment of patients with CKD, together with specific tests that allow the assessment of cognitive processes frequently affected, including attention, cognitive flexibility, working memory, and reasoning (Crowe *et al.*, 2021; Soto-Añari *et al.*, 2018). Among the most commonly used are the *Trail Making Test* (Reitan, 1958), the STROOP *Color and Word Test* (Golden, 2020), the *Tower of Hanoi* (Drake, 2007), and the Digit Span subtest of the *Wechsler Adult Intelligence Scale*, WAIS-IV (Wechsler, 2014). These tests have demonstrated sensitivity in detecting early deficits in sustained attention, processing speed, and inhibitory control in patients with CKD, even before overt clinical symptoms become evident (Feger *et al.*, 2020; Karakizlis *et al.*, 2021).

However, psychometric studies of neuropsychological tests have reported the presence of false-positive results among patients with low educational attainment. For example, although the *Mini-Mental State Examination* has proven useful for confirming severe cognitive impairment in Spanish-speaking individuals with more than five years of education, it is not recommended for patients with low educational attainment, as it tends to indicate cognitive impairment in otherwise healthy individuals (Owolabi *et al.*, 2016; Sagubay *et al.*, 2017).

Similarly, studies involving patients diagnosed with CKD have shown that low educational attainment is associated with a greater number of perseverative errors on the *Trail Making Test*, Part B (TMT-B), and with a greater number of moves required to solve the *Tower of Hanoi*. This may be related to lower levels of knowledge and experience in cognitive tasks, rather than to deficits in cognitive processes (Soto-Añari *et al.*, 2018).

Indeed, most studies on the progression of cognitive impairment in patients with CKD have been conducted in developed Western countries, where populations tend to be more homogeneous with respect to sociode-

mographic variables, such as socioeconomic status and educational attainment. This has led to the acceptance of an association between the degree of renal impairment and the severity of cognitive deficits (Brickman *et al.*, 2006; Roebuck-Spencer *et al.*, 2017). Nevertheless, few studies have examined the effect of educational attainment on this relationship, and those that have found that the impact of CKD is greater among patients with low educational attainment than among those with higher educational attainment (Soto-Añari *et al.*, 2018).

In this context, it remains unclear which tests should be administered or which cutoff scores should be used to accurately determine the presence of cognitive impairment in patients with CKD. This is particularly critical during the early stages of the disease, when subtle cognitive symptoms tend to emerge. In patients with higher educational attainment, these symptoms may be masked by greater cognitive reserve, whereas in patients with low educational attainment they may result in false-positive findings (Soto-Añari *et al.*, 2018).

Overall, recent literature has shown that educational attainment and cognitive reserve modulate the expression of cognitive impairment in patients with CKD. Specifically, individuals with low educational attainment tend to obtain lower scores on tasks assessing cognitive flexibility and planning, such as the TMT-B and the *Tower of Hanoi*, even in the absence of structural neurological damage (Soto-Añari *et al.*, 2018).

This evidence underscores the need to develop cognitive screening protocols tailored to educational attainment in order to avoid overestimating the number of cases (false positives) and to allow a more contextualized interpretation of cognitive performance. Moreover, few studies have examined cognitive symptoms associated with CKD during the early stages of the disease.

Accordingly, the present study aimed to compare the cognitive profile of patients with early-stage chronic kidney disease (CKD) and low educational attainment with that of matched controls, and to conduct a preliminary exploration of which neuropsychological tests show the greatest discriminative ability in this sample. From this perspective, the findings of the present study seek to expand previous models of cognitive impairment in CKD by highlighting the role of educational attainment and cognitive reserve in trajectories of cognitive decline and in the early identification of subtle changes in cognitive functioning.

Method

Design

A quantitative observational study with a cross-sectional case-control comparative design was conducted. In addition, an exploratory binary logistic regression analysis was performed (Ato *et al.*, 2013).

Participants

The sample was selected using a purposive, non-probability sampling method. The group of patients with early-stage CKD and low educational attainment was recruited from the patient registry of the nephroprotection program of the nephrology services at public hospitals and healthcare provider institutions in rural areas of southwestern Colombia. Each patient underwent evaluation by a nephrologist, who confirmed the stage of the disease. Inclusion criteria were: (a) age between 27 and 60 years; (b) a maximum of five years of education; and (c) stages 1 or 2 CKD, according to the K/DOQUI Guidelines of the National Kidney Foundation (2012).

The healthy control group (n = 30) consisted of family members of the patients, as well as individuals with no self-reported history of kidney disease. These participants were matched to the patient group for age, sex, and educational attainment.

Exclusion criteria for both groups were: (a) current hospitalization; (b) an uncorrected sensory impairment that could affect performance on the neuropsychological tests; (c) a diagnosis of a neurological and/or

psychiatric disorder; (d) current use of medication known to affect neurological functioning; and (e) more than five years of education.

Clinical variables with the potential to influence cognitive performance, such as time since diagnosis, the presence of comorbidities (e.g., diabetes and hypertension), and current medical treatment, were controlled. These variables were verified through medical records and structured interviews with both the participants and their treating physicians. The assessments were conducted by two trained psychologists under the supervision of a clinical neuropsychologist, who held weekly calibration meetings to ensure inter-rater consistency and the standardized administration of the tests.

A total of 161 patients with kidney disease were screened, of whom only 30 met the inclusion and exclusion criteria. Based on their sociodemographic characteristics, a control group was assembled to ensure appropriate matching. At this stage, no significant differences were found between the two groups in age ($U = 399$, z = −.75, $p = .450$), educational attainment ($U = 447$, z = −.49, $p = .961$), or socioeconomic stratum ($U = 403$, z = −.91, $p = .369$).

Instruments

The neuropsychological assessment battery consisted of one cognitive screening test and four neuropsychological tests, which are among the instruments most frequently used in patients with CKD (Brodski *et al.*, 2018; Owolabi *et al.*, 2016; Pi *et al.*, 2016; Soto-Añari *et al.*, 2018).

Instrument selection was based on documented evidence of validity and sensitivity for assessing the cognitive domains reported to be most vulnerable in CKD, particularly attention, working memory, cognitive flexibility, and processing speed. These tests have demonstrated sound psychometric properties, have normative data developed for the Colombian population, and have been employed in previous studies on cognitive dysfunction in patients with CKD (Crowe *et al.*, 2021; Faria *et al.*, 2020; Soto-Añari *et al.*, 2018). Instruments suitable for administration to participants with low educational attainment were prioritized in order to minimize educational bias in the interpretation of the results.

The *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) cognitive screening test was selected because of its widespread use for detecting cognitive impairment, its score adjustment for individuals with fewer than 12 years of education, its validation in the Colombian population, and its reported reliability of Cronbach's $\alpha = .75$ and convergent validity of $r = .72$ with the MMSE (Pedraza *et al.*, 2016; Pereira-Manrique & Reyes, 2013).

The MoCA comprises eight cognitive domains (abstraction, attention, naming, visuospatial/executive skills, language, memory, orientation, and delayed recall) distributed across 19 items (Delgado *et al.*, 2019; Rossetti *et al.*, 2011). Total scores range from 0 to 30 points. The generally accepted cutoff score for mild cognitive impairment (MCI) is 25 points, whereas a score of 17 indicates dementia. For individuals with low educational attainment, a cutoff score of 21 points has been recommended for the detection of MCI, based on a validation study conducted in adults from the city of Bogotá (Pedraza *et al.*, 2016). Test–retest reliability was moderate, with a Lin's concordance correlation coefficient of 0.62, an internal consistency of 0.85, criterion validity of 0.66, and an acceptable ROC curve performance (AUC = 0.76 for MCI and 0.81 for dementia) (Pedraza *et al.*, 2016).

Regarding the neuropsychological tests, four instruments were administered:

(a) The STROOP *Color and Word Test* (Golden, 2020), which has normative data for the Colombian population (Arango-Lasprilla *et al.*, 2022) and is used to assess inhibitory control and processing speed. Specifically, the test consists of three sheets, each containing 100 stimuli arranged in five columns of 20 stimuli each. The first sheet is composed of the words RED, GREEN, and BLUE, randomly ordered and printed in black ink on an 8.5 x 13-inch sheet of paper. No word appears twice consecutively within the same column. The second sheet contains 100 stimuli consisting of Xs (XXX) printed in blue, green, or red ink. The third sheet contains the words from the first sheet printed in the colors used on the second sheet, with the ink color never matching the color name.

(b) The *Trail Making Test*, Part B (TMT-B) (Reitan, 1958), which has psychometric normative data for the Colombian population (Arango-Lasprilla *et al.*,

2022), was used to assess attention and processing speed.

(c) The *Hopkins Verbal Learning Test* (HVLT-R) (Brandt, 1991), which has Colombian normative data (Arango-Lasprilla *et al.*, 2022), is a brief test that assesses verbal learning and memory based on a list of 12 words divided into three semantic categories and presented across three consecutive learning trials. After a 20-minute delay, the examinee is asked to recall all the words from the original list (Benedict *et al.*, 1998; Brandt, 1991).

(d) The *Digit Span subtest* of the Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-IV) (Wechsler, 2014) was included as a measure of working memory because it is one of the most widely used measures for assessing this cognitive domain, is easy to administer, and places relatively low demands on formal education (Rosas *et al.*, 2014; Wechsler, 2014).

All tests used to assess cognitive functioning have normative data for the Colombian adult population, generated using multiple regression models, with norms adjusted for age and educational attainment (Arango-Lasprilla *et al.*, 2022).

Procedure

This study was reviewed by the Ethics and Research Committee of the Pontificia Universidad Javeriana Cali (Minutes No. FHCS 57 of 2023). Following receipt of this approval, authorization was requested from public hospitals in both urban and rural areas of Valle del Cauca that offered *nephroprotection programs* in order to identify, through this service, patients who met the study's inclusion and exclusion criteria and invite them to participate. Those who gave verbal consent were scheduled for an assessment session during which the purpose of the study was explained, eligibility criteria were confirmed, and those who agreed to participate signed an informed consent form. An initial interview was then conducted to collect the patients' sociodemographic information, followed by the neuropsychological assessment, which was administered by two master's students in clinical neuropsychology who had received prior training in the administration of the tests selected for this study.

Participants in the healthy control group were recruited through word-of-mouth among family members of the patient group and through secondary education institutions offering primary education programs for adults in rural areas.

All tests were administered individually in quiet, well-lit rooms. Patients and their family members were evaluated at a public hospital, whereas the remaining participants in the control group were assessed at educational institutions that granted the researchers access to their facilities. Half of the participants completed the tests individually in the following sequence: (1) the MoCA cognitive screening test; (2) the TMT-B; (3) the STROOP Color and Word Test; (4) the Hopkins Verbal Learning Test (HVLT-R); and (5) Digit Span Forward and Backward subtests of the WAIS-IV. The remaining participants completed the tests in the reverse order. Assessment sessions lasted approximately 45 to 60 minutes.

Ethical Considerations

According to Article 11 of Resolution 8430 of 1993 issued by the Colombian Ministry of Health (Ministerio de Salud de Colombia, 1993), this study was classified as minimal risk because it involved the administration of neuropsychological tests during a single assessment session. As previously mentioned, the study received approval from the corresponding institutional ethics committee, and all participants signed an informed consent prior to their inclusion in the study.

The researchers ensured the protection of the participants' rights and interests in order to safeguard their well-being and the confidentiality of their data. To this end, the data were coded and stored on password-protected devices, with access restricted to the research team, thereby ensuring their confidentiality and exclusive use for the purposes of the present study. In addition, no data were transferred or disclosed to third parties.

Participants took part in the study voluntarily and were free to withdraw from the study at any time. Accordingly, the study complied with the ethical principles of the World Medical Association's Declaration of Helsinki (Manzini, 2000), which establish that participants may take part in research provided that the study has a justified preventive or diagnostic value and does not adversely affect their mental health.

Data Analysis

Descriptive statistics were calculated to characterize the level of cognitive functioning of the participant groups on the neuropsychological tests administered. Subsequently, the Shapiro–Wilk test was used to assess the normality of the continuous variables. Based on the results, either Student's t test or the Mann–Whitney U test for independent samples was used to compare the performance of the patient and healthy control groups on the neuropsychological battery administered in this study. Finally, a binary logistic regression model was calculated to determine the probability that patients with stage 1 or stage 2 CKD would exhibit cognitive impairment, based on the tests administered.

The linear relationship between the independent variables and the *logit* of the dependent variable was assessed using the Box–Tidwell test (Box & Tidwell, 1962), and model fit was estimated using the Nagelkerke statistic (Thompson *et al.*, 2003). The specificity and sensitivity of each test were calculated using ROC curve analysis. All analyses were performed using SPSS Statistics, version 25 (IBM, 2017), with a p value of .05.

Results

With respect to the sociodemographic characteristics, the mean age of both groups was 51 years (SD = 7.00); 70% were female, 96.7% lived in Valle del Cauca, 78.3% resided in rural areas, and 70% of all participants reported belonging to socioeconomic stratum 1. Regarding educational attainment, 26% had completed up to the second year of schooling, and 56.7% reported having completed five years of education. Although the groups were matched for age, sex, and educational attainment, greater heterogeneity was observed in the socioeconomic stratum of the control group, which included participants from strata 3 and 5, categories that were not represented in the patient group. This aspect was taken into consideration in the subsequent interpretation of the results. Table 1 presents the sociodemographic characteristics of both participant groups in greater detail.

Table 1. Sociodemographic Characteristics of the Two Participant Groups

Characteristic		Control Group		CKD Patients	
		n	%	*n*	%
Sex	Female	18	60.0	24	80.0
	Male	12	40.0	6	20.0
Socioeconomic stratum	1	21	70.0	23	76.7
	2	4	13.3	7	23.3
	3	3	10.0	0	0.0
	5	2	6.7	0	0.0
Residence	Rural	19	63.3	28	93.3
	Urban	11	36.7	2	6.7
Years of education	None	1	3.3	2	6.7
	1	4	13.3	1	3.3
	2	2	6.7	5	16.7
	3	5	16.7	5	16.7
	4	1	3.3	0	0.0
	5	17	56.7	17	56.7

» Table 1. (continued)

» Table 1. (continued)

Characteristic		Control Group		CKD Patients	
		n	%	*n*	%
Marital status	Married	11	36.7	9	30.0
	Cohabiting	14	46.7	14	46.7
	Single	3	10.0	4	13.3
	Widowed	0	0.0	1	3.3
	Divorced	2	6.7	2	6.7

Note. Source: Prepared by the authors.

Regarding participants' performance on the neuropsychological tests administered, their profile was similar to that of the control group (see Table 2). As expected, the overall MoCA score suggested possible cognitive impairment in most participants, specifically in 29 patients and 20 controls. On the remaining tests, between 10% and 50% of participants scored below the expected range according to the scoring and interpretation guidelines based on normative data for the Colombian population.

Table 2. Neuropsychological Tests Administered

Characteristic	Control Group *M* (*SD*)	CKD Patient Group *M* (*SD*)	*p*	*d*
MoCA total	21.67 (5.45)	20.30 (3.74)	.192	–0.20
Visuospatial/Executive	3.33 (1.32)	2.77 (1.28)	.077	–0.26
Naming	2.60 (.724)	2.77 (.679)	.219	0.13
Attention	3.77 (1.81)	3.47 (1.59)	.448	–0.11
Language	1.43 (1.04)	1.27 (.980)	.533	–0.09
Abstraction	1.77 (.568)	1.50 (.572)	.025	–0.27
Delayed recall	2.17 (1.68)	1.67 (1.35)	.180	–0.20
Orientation	5.60 (1.19)	5.87 (.571)	.371	0.07
TMT correct responses	9.17 (5.80)	7.27 (5.69)	.228	–0.18
TMT completion time	105.23 (37.18)	148.97 (80.43)	.002[a]	–0.70
STROOP interference	1.27 (13.69)	–5.29 (9.59)	.079	–0.27
Hopkins total recall	13.63 (3.97)	13.50 (3.33)	.716	–0.05
Hopkins retained recall (%)	61.08 (40.43)	80.70 (46.30)	.445[a]	–0.45
WAIS-IV digit span total	16.50 (4.32)	16.33 (3.65)	.953	–0.01

Note.[a] Independent-samples *t* test. For all other comparisons, the Mann–Whitney *U* test was used. Source: Prepared by the authors

As shown in Table 2, the two participant groups differed significantly on two measures: the MoCA abstraction subtest (p = .025, d = –.27) and TMT-B completion time (p = .002, d = –.70). In both cases, the patient group performed more poorly than the control group. The effect size for the abstraction subtest was small, whereas the effect size for TMT-B completion time was moderate to large, indicating clinically relevant cognitive slowing in the patient group.

No statistically significant differences were observed for the remaining measures; however, the effect sizes suggested trends toward poorer performance in visuospatial/executive functioning (d = –0.26), delayed memory (d = –0.20), and the STROOP interference task (d = –0.27). All other comparisons yielded trivial effect sizes (d < .20), indicating similar performance between groups. Overall, these findings suggest a mild pattern of impairment in processing speed and abstract reasoning among patients with early-stage CKD, which was more evident on tasks requiring executive control and cognitive flexibility.

The two measures that showed significant differences between the groups (abstraction and TMT-B completion time), together with age and the total scores on the remaining tests administered, were entered as independent variables into a binary logistic regression model to evaluate their ability to predict cognitive impairment among patients with stage 1 or stage 2 CKD.

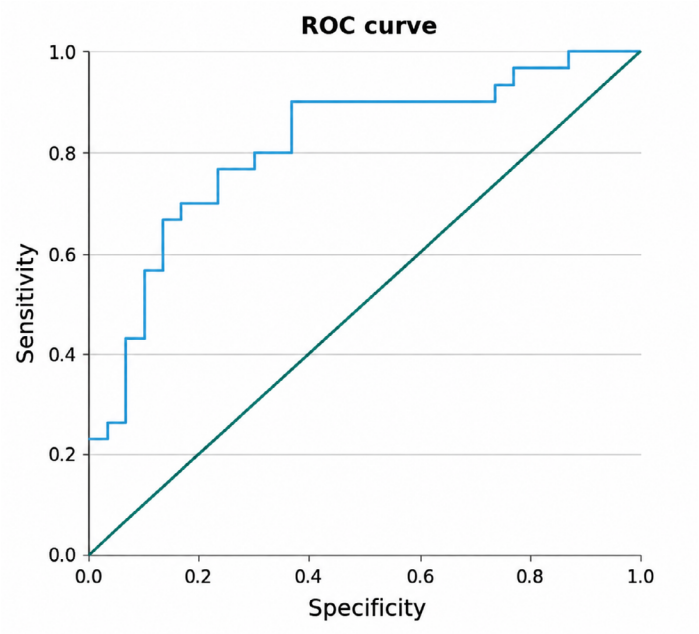
To this end, the linearity of the continuous variables with respect to the *logit* of the dependent variable was assessed using the Box–Tidwell procedure (Box & Tidwell, 1962). In addition, a Bonferroni correction was applied using the four terms included in the model, resulting in an accepted level of statistical significance of p < .0125 (Tabachnick & Fidell, 2014). Based on this assessment, all continuous independent variables were found to be linearly related to the *logit* of the dependent variable. It should be noted that several models were calculated to evaluate the neuropsychological tests used in this study according to the cognitive domains that the international literature has reported to be commonly affected during the early stages of CKD.

The final logistic regression model, consisting of three predictor variables—the MoCA abstraction subtest, TMT-B completion time, and STROOP interference—was statistically significant, $\chi^2(4) = 18$, p = .01. The model explained 34.6% of the variance in cognitive impairment (Nagelkerke R2) and correctly classified 68.3% of the cases.

In addition, sensitivity was 63.3%, specificity was 73.3%, the positive predictive value was 70.4%, and the negative predictive value was 66.7% (see Figure 1). Given the sample size, this regression model should be considered exploratory in nature.

Overall, the model preliminarily suggests that longer TMT-B completion times were associated with a greater probability of cognitive impairment among patients with stage 1 or stage 2 CKD (1.02). Meanwhile, lower scores on the MoCA abstraction subtest (3.18), as well as lower STROOP interference scores (1.06), were associated with a greater probability of cognitive impairment among patients with stage 1 or stage 2 CKD (see Table 3).

Figure 1. ROC Curve



Note. Source: Prepared by the authors.

As shown in Figure 1, the area under the ROC curve was 0.787 (95% CI: 0.674–0.899), indicating acceptable discriminative ability in this specific sample (Hosmer *et al.*, 2013).

Table 3. Binary Logistic Regression

Characteristic	*B*	*SE*	Wald	*df*	*p*	Exp(B)	95 % CI	
							Inf.	Sup.
MoCA abstraction	–1.16	0.58	4.03	1	.045	0.31	.102	.97
TMT-B completion time	0.02	0.01	5.89	1	.015	1.02	1.00	1.03
STROOP interference	–0.06	0.03	4.88	1	.027	0.94	.89	.99
Age	–0.06	0.04	1.85	1	.174	0.94	.87	1.03
Constant	2.86	2.60	1.21	1	.272	17.44		

Note. Prepared by the authors

Discussion

The main contribution of this study was to explore, in a sample of patients with early-stage CKD and low educational attainment, which brief and easily administered neuropsychological tests showed the greatest discriminative ability in this population, thereby providing preliminary evidence regarding their potential utility as screening tools. This finding suggests that these patients may exhibit subtle cognitive differences that are not always evident in routine clinical practice and may require more sensitive assessment procedures for their detection.

Specifically, the findings indicate that, during the early stages of CKD, patients' cognitive performance did

not differ significantly from that of the control group across most cognitive domains, although trends toward poorer performance were observed on tasks assessing cognitive flexibility and processing speed. Given the limited sample size and the cross-sectional nature of the study, these differences should be interpreted as trends observed in this sample rather than as conclusive evidence of incipient cognitive impairment. Nevertheless, this observed trend is consistent with the findings of the systematic reviews conducted by Berger *et al.* (2016), Brodski *et al.* (2018), and Tian *et al.* (2019), which found that patients in the early-stage CKD tend to experience difficulties in processing speed.

The poorer performance on the two tests that showed significant differences between the patient and control groups may indicate alterations in white matter integrity and reductions in the volume of frontal-predominant cortico-subcortical brain structures, as these are the neural networks that must be activated to regulate attention and processing speed during the TMT-B and to facilitate verbal reasoning processes (Bos *et al.*, 2018; Carbone *et al.*, 2023; Soto-Añari *et al.*, 2018). These are also the neural networks that have been associated with inhibitory performance on the STROOP test, a measure that, although it did not reach the predetermined level of statistical significance in the between-group comparisons, was significant in the prediction model.

On the other hand, no significant differences were found in this study in attention or short-term memory, as reported in the aforementioned systematic reviews of patients with early-stage CKD. One possible explanation is that the tests used activate cortical brain networks in posterior associative areas, such as the temporoparieto-occipital region, which may exhibit some degree of compensation during the early stages of the disease, thereby providing patients with a greater capacity to withstand neurological alterations than fronto-subcortical regions, where the earliest signs of CKD-related neuropsychological impairment have been suggested to occur. However, this hypothesis requires empirical verification.

Indeed, greater frontal cortico-subcortical involvement would be consistent with findings on one of the most common causes of mild cognitive impairment in middle-aged and older adults (Jia *et al.*, 2014). These findings are consistent with studies indicating greater vulnerability of frontal networks to various sources of neurological damage, including metabolic diseases such as CKD, which does not usually directly affect the central nervous system. The findings also suggest that individuals with low educational attainment tend to obtain lower scores on neuropsychological tests, particularly when these tests rely on knowledge acquired through formal schooling.

On the other hand, it should also be noted that the groups differed to some extent in their socioeconomic stratum distribution. Although most participants belonged to socioeconomic strata 1 and 2, the control group included several individuals from higher socioeconomic strata. Previous studies (Jia *et al.*, 2014; Larnyo *et al.*, 2022) have shown that socioeconomic status may be associated with educational opportunities, cognitive stimulation, and access to healthcare resources, all of which may influence cognitive performance independently of the presence of CKD. Consequently, it cannot be ruled out that some of the observed differences reflect the combined influence of socioeconomic and educational factors.

According to some authors, both living in rural areas and engaging in unskilled occupations have been associated with poorer cognitive performance, particularly in samples of older adults in whom cognitive impairment is suspected to affect quality of life (Feger *et al.*, 2020; Jia *et al.*, 2014; Soto-Añari *et al.*, 2018). In this regard, a similar pattern was observed in the present study, as more than half of the participants scored below the expected range on the MoCA screening test, and between 30% and 50% obtained scores at or below the 25th percentile on the remaining tests administered. These findings may suggest that, in contexts of low educational attainment, performance on neuropsychological tests may be influenced by educational factors; however, this is not sufficient to attribute such performance to neurological damage. Likewise, the findings suggest that low educational attainment and a rural context may affect performance on screening tests, even when they include adjustments for educational attainment. To confirm this, studies such as the present one, in which educational attainment and age are controlled for, are needed to determine whether participants exhibit a performance profile different from that expected.

Finally, it is worth noting that two tests assessing processing speed (TMT-B completion time and STROOP interference) and one assessing verbal reasoning (the

MoCA abstraction subtest) showed the greatest discriminative ability in this sample of patients with stage 1 or stage 2 CKD and low educational attainment. The model correctly classified 68.3% of the cases in this sample, suggesting moderate discriminative ability that warrants validation in future studies.

Furthermore, this model explained 34.6% of the variance, which is generally considered a reasonable level of explanatory power for studies involving cognitive measures. Nevertheless, this finding should be interpreted as preliminary given the sample size, particularly considering that patients have a metabolic disease that does not directly affect the central nervous system but rather is a systemic condition that affects the entire body, including neurological functioning.

In conclusion, the findings suggest that a brief battery composed of these tests may be useful for guiding cognitive screening in patients with early-stage CKD and low educational attainment. This hypothesis should be confirmed in future studies.

Lastly, it is important to acknowledge that this study has several limitations, including the sample size, the absence of longitudinal follow-up, and the limited control of certain clinical variables. Furthermore, although the tests used are supported by Colombian normative data adjusted for educational attainment, these norms may not fully reflect the sociocultural characteristics of rural populations with very low educational attainment. This limitation is further compounded by the fact that the groups were not fully equivalent with respect to socioeconomic stratum and rural residence. Future studies should replicate these findings using larger samples and longitudinal designs, while incorporating clinical indicators of CKD and greater sociodemographic diversity to enhance the generalizability of the results and support the development of more sensitive and culturally appropriate screening protocols.

References

Arango-Lasprilla, J. C., Rivera, D., y Usuga, D. R. (2022). *Neuropsicología en Colombia: Datos normativos, estado actual y retos a futuro*. Manual Moderno.

Arnold, R., Issar, T., Krishnan, A. V., y Pussell, B. A. (2016). Neurological complications in chronic kidney disease. *Journal of the Royal Society of Medicine Cardiovascular Disease, 5*, 1-13. https://doi.org/10.1177/2048004016677687

Ato, M., López, J. J., y Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología, 29*(3), 1038-1059. https://dx.doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511

Benedict, R. H., Schretlen, D., Groninger, L., y Brandt, J. (1998). Hopkins Verbal Learning Test–Revised: Normative data and analysis of inter-form and test-retest reliability. *The Clinical Neuropsychologist, 12*(1), 43-55. https://doi.org/10.1076/clin.12.1.43.1726

Berger, I., Wu, S., Masson, P., Kelly, P. J., Duthie, F. A., Whiteley, W., Parker, D., Gillespie, D., y Webster, A. C. (2016). Cognition in chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis. *BMC Medicine, 14*, 206. https://doi.org/10.1186/s12916-016-0745-9

Bos, D., Wolters, F. J., Darweesh, S. K., Vernooij, M. W., de Wolf, F., Ikram, M. A., y Hofman, A. (2018). Cerebral small vessel disease and the risk of Dementia: A systematic review and meta-analysis of population-based evidence. *Alzheimer's & Dementia, 14*(11), 1482-1492. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2018.04.007

Box, G. E. P., y Tidwell, P. W. (1962). Transformation of the independent variables. *Technometrics, 4*(4), 531-550. https://doi.org/10.1080/00401706.1962.10490038

Brandt, J. (1991). The Hopkins Verbal Learning Test: Development of a new memory test with six equivalent forms. *The clinical neuropsychologist, 5*(2), 125-142. https://doi.org/10.1080/13854049108403297

Brickman, A. M., Cabo, R., y Manly, J. J. (2006). Ethical issues in cross-cultural neuropsychology. *Applied Neuropsychology, 13*(2), 91-100. https://doi.org/10.1207/s15324826an1302_4

Brodski, J., Rossell, S. L., Castle, D. J., y Tan, E. J. (2018). A systematic review of cognitive impairments associated with kidney failure in adults before natural age-related changes. *Journal of the International Neuropsychological Society, 25*(1), 101-114. https://doi.org/10.1017/S1355617718000917

Carbone, C., Balboni, E., Beltrami, D., Gasparini, F., Vinceti, G., Gallingani, C., Salvatori, D., Salemme, S., Molinari, M. A., Tondelli, M., Marti, A., Chiari, A. L., y Zamboni, G. (2023). Neuroanatomical Correlates of Cognitive Tests in Young-onset MCI. *Journal of Integrative Neuroscience, 22*(6), 152. https://doi.org/10.31083/j.jin2206152

Crowe, K., Quinn, T. J., Mark, P. B., y Findlay, M. D. (2021). "Is It Removed During Dialysis?"—Cognitive Dysfunction in Advanced Kidney Failure—A Review Article. *Frontiers in Neurology, 12*, 787370. https://doi.org/10.3389/fneur.2021.787370

Delgado, C., Araneda, A., y Behrens, M. I. (2019). Validation of the Spanish-language version of the Montreal Cognitive Assessment test in adults older than 60 years. *Neurología (English Edition), 34*(6), 376-385. https://doi.org/10.1016/j.nrleng.2018.12.008

Drake, M. A. (2007). Evaluación de la atención. En D. I. Burin, M. A. Drake y P. Harris (Comps.), Evaluación neuropsicológica en adultos (pp. 129-161). Paidós.

Drew, D. A., Weiner, D. E., y Sarnak, M. J. (2019). Cognitive impairment in CKD: Pathophysiology, management, and prevention. *American Journal of Kidney Diseases: The Official Journal of the National Kidney Foundation, 74*(6), 782-790. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.05.017

Duarte, A., Gómez, L., Aguirre, D., y Pineda, D. (2006). Caracterización neuropsicológica de los pacientes adultos en diálisis de una institución especializada de Medellín-Colombia. *Universitas Psychologica*, *5*(3), 627-646. http://hdl.handle.net/10554/33168

Faria, A. L., Pinho, M. S. y Bermúdez i Badia, S. (2020). A comparison of two personalization and adaptive cognitive rehabilitation approaches: a randomized controlled trial with chronic stroke patients. *Journal of NeuroEngineering Rehabilitation*, *17*, 78. https://doi.org/10.1186/s12984-020-00691-5

Feger, D. M., Willis, S. L., Thomas, K. R., Marsiske, M., Rebok, G. W., Felix, C., y Gross, A. L. (2020). Incident instrumental activities of daily living difficulty in older adults: Which comes first? Findings from the advanced cognitive training for independent and vital elderly study. *Frontiers in Neurology*, *11*, 550577. https://doi.org/10.3389/fneur.2020.550577

Fraser, C. L., y Arieff, A. I. (1988). Nervous system complications in uremia. *Annals of internal medicine*, *109*(2), 143-153. https://doi.org/10.7326/0003-4819-109-2-143

Golden, C. J. (2020/1994). *Stroop. Test de Colores y Palabras* (B. Ruiz-Fernández, T. Luque y F. Sánchez-Sánchez, Eds.). TEA Ediciones.

Harhay, M. N., Xie, D., Zhang, X., Hsu, C. Y., Vittinghoff, E., Go, A. S., Sozio, M., Blumenthal, J., Seliger, S., Chen, J., Deo, R., Dobre, M., Akkina, S., Reese, P. P., Lash, J. P., Yaffe, K., Tamura, M. K., Appel, L. J., Feldman, H. I., y Rahman, M. (2018). Cognitive impairment in non-dialysis-dependent CKD and the transition to dialysis: findings from the chronic renal insufficiency cohort (CRIC) study. *American Journal of Kidney Diseases*, *72*(4), 499-508. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2018.02.361

Hosmer, D. W., Jr., Lemeshow, S., y Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression* (3.a ed.) Wiley.

IBM Corporation Released. (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows* (Version 25.0) [Programa de ordenador]. IBM Corp.

Jia, J., Wang, F., Wei, C., Zhou, A., Jia, X., Li, F., Tang, M., Chu, L., Zhou, Y., Zhou, C., Cui, Y., Wang, Q., Wang, W., Yin, P., Hu, N., Zuo, X., Song, H., Qin, W., Wu, L., y Dong, X. (2014). The prevalence of dementia in urban and rural areas of China. *Alzheimer's & dementia*, *10*(1), 1-9. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2013.01.012

Joseph, S. J., Bhandari, S. S., y Dutta, S. (2019). Cognitive impairment and its correlates in chronic kidney disease patients undergoing haemodialysis. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, *8*(36), 2818-2822. https://doi.org/10.14260/jemds/2019/611

Karakizlis, H., Thiele, S., Greene, B., y Hoyer, J. (2021). Cognitive performance in dialysis patients- "when is the right time to test?". *BMC Nephrology*, *22*(1), 1-10. https://doi.org/10.1186/s12882-021-02333-x

Kimmel, P. L., Thamer, M., Richard, C. M., y Ray, N. F. (1998). Psychiatric illness in patients with end-stage renal disease. *The American Journal of Medicine*, *105*(3), 214-221. https://doi.org/10.1016/S0002-9343(98)00245-9

Larnyo, E., Dai, B., Nutakor, J. A., Ampon-Wireko, S., Larnyo, A., & Appiah, R. (2022). Examining the impact of socioeconomic status, demographic characteristics, lifestyle and other risk factors on adults' cognitive functioning in developing countries: an analysis of five selected WHO SAGE Wave 1 Countries. *International journal for equity in health*, *21*(1), 31. https://doi.org/10.1186/s12939-022-01622-7

Manzini, J. L. (2000). Declaración de Helsinki: principios éticos para la investigación médica con participantes humanos. *Acta bioethica*, *6*(2), 321-334. https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/

Ministerio de Salud de Colombia. (1993, octubre 4). *Resolución 8430 de 1993. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud*. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/de/dij/resolucion-8430-de-1993.pdf

Murthy, V. S., y Shukla, V. S. (2020). A study of executive function in patients with chronic kidney disease before and after a single session of hemodialysis. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*, *11*(2), 250-255. https://doi.org/10.1055/s-0040-1703961

National Kidney Foundation. (2012). KDOQI clinical practice guideline for diabetes and CKD: 2012 update. *American Journal of Kidney Diseases, 60*(5), 850-886. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2012.07.005

Owolabi, L. F., Abdu, A., Ibrahim, A., Owolabi, D. S., Nalado, A., Bappa, A., y Taura, A. A. (2016). Related factors and predictors of cognitive dysfunction in chronic kidney disease on maintenance hemodialysis in Nigeria. *Journal of Neurosciences in Rural Practice, 7*(S1), S062-S067. https://doi.org/10.4103/0976-3147.196433

Pedraza, O. L., Salazar, A. M., Sierra, F. A., Soler, D., Castro, J., Castillo, P., Hernández, C., y Piñeros, C. (2016). Confiabilidad, validez de criterio y discriminante del Montreal Cognitive Assessment (MoCA) test, en un grupo de adultos de Bogotá. *Acta Médica Colombiana*, *41*(4), 221-228. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163149123004

Pereira-Manrique, F., y Reyes, M. F. (2013). Confiabilidad y validez del test Montreal Cognitive Assessment (MoCA) en población mayor de Bogotá, Colombia. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias, 13*(2), 39-61. https://revistaneurociencias.com/index.php/RNNN/article/view/335/276

Pi, H.-C., Xu, Y.-F., Xu, R., Yang, Z.-K., Qu, Z., Chen, Y.-Q., Liu, G.-L., y Dong, J. (2016). Cognitive impairment and structural neuroimaging abnormalities among patients with chronic kidney disease. *Kidney and Blood Pressure Research, 41*(6), 986-996. https://doi.org/10.1159/000452603

Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an Indicator of Organic Brain Damage. *Perceptual and Motor Skills, 8*(3), 271-276. https://doi.org/10.2466/pms.1958.8.3.271

Roebuck-Spencer, T. M., Glen, T., Puente, A. E., Denney, R. L., Ruff, R. M., Hostetter, G., y Bianchini, K. J. (2017). Cognitive screening tests versus comprehensive neuropsychological test batteries: A national academy of neuropsychology education paper. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists, 32*(4), 491-498. https://doi.org/10.1093/arclin/acx021

Rosas, R., Tenorio, M., Pizarro, M., Cumsille, P., Bosch, A., Arancibia, S., Carmona-Halty, M., Pérez-Salas, C. P., Pino, E., Vizcarra, B., y Zapata-Sepúlveda, P. (2014). Estandarización de la Escala Wechsler de Inteligencia Para Adultos: Cuarta Edición en Chile. *Psykhe, 23*(1), 1-18. https://dx.doi.org/10.7764/psykhe.23.1.529

Rossetti, H. C., Lacritz, L. H., Cullum, C. M., y Weiner, M. F. (2011). Normative data for the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) in a population-based sample. *Neurology, 77*(13), 1272-1275. https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e318230208a

Sagubay, D. J. Á., Macas, J. T., y Celleri, W. P. (2017). Deterioro cognitivo en pacientes con hemodiálisis. *Medicina, 21*(1), 27-33. https://doi.org/10.23878/medicina.v21i1.759

Soto-Añari, M., López, N., Aquino-Ayala, R., Denegri-Solís, L., Belón-Hercilla, V., Ferrel-Ortega, F.-R., Caldichoury, N., y Hernández-Chamorro, J. (2018). Afectación Neuropsicológica de la Función Ejecutiva en Pacientes con Insuficiencia Renal Crónica. *Revista CES Psicología, 11*(2), 78-87. https://doi.org/10.21615/cesp.11.2.7

Tabachnick, B. G., y Fidell, L. S. (2014). *Using multivariate statistics* (6.a ed.). Pearson.

Tanaka, S., y Okusa, M. D. (2020). Crosstalk between the nervous system and the kidney. *Kidney International, 97*(3), 466-476. https://doi.org/10.1016/j.kint.2019.10.032

Tian, X., Guo, X., Xia, X., Yu, H., Li, X., y Jiang, A. (2019). The comparison of cognitive function and risk of dementia in CKD patients under peritoneal dialysis and hemodialysis: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis. *Medicine, 98*(6), e14390. https://doi.org/10.1097/md.0000000000014390

Thompson, W. K., Xie, M., y White, H. R. (2003). Transformations of covariates for longitudinal data. *Biostatistics, 4*(3), 353-364. https://doi.org/10.1093/biostatistics/4.3.353

Wechsler, D. (2014). *WAIS-IV, Escala Weschler de inteligencia para adultos-IV* (Trad.: M. C. Uribe Ferrari). Manual Moderno.