

# Alteraciones neuropsicológicas en escolares de un municipio con niveles elevados de vapor de mercurio medioambiental, Colombia, 2008-2009\*

## Neuropsychological disorders in schoolchildren in a municipality with high environmental mercury vapor levels, Colombia 2008-2009

Mónica L. Vargas B<sup>1</sup>; Carlos M. Quiroz P<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Psicóloga, Magíster en salud ocupacional, investigadora, Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Correo electrónico: mlvargasb@gmail.com

<sup>2</sup> Magíster en salud ocupacional, especialista en salud ocupacional, especialista en auditoría en salud, médico, docente ocasional, Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Correo electrónico: cmqp@saludpublica.udea.edu.co

Recibido: 5 de julio de 2011. Aprobado: 15 de octubre de 2011.

---

Vargas ML, Quiroz CA. Alteraciones neuropsicológicas en escolares de un municipio con niveles elevados de vapor de mercurio medioambiental, Colombia, 2008-2009. Rev. Fac. Nac. Salud Pública 2011; 29(4): 461-468

---

### Resumen

**Objetivo:** establecer la prevalencia de alteraciones neuropsicológicas en lenguaje, memoria, funciones ejecutivas y atención de los escolares entre segundo grado de primaria y noveno grado de bachillerato del municipio de Segovia, Antioquia. Esta región, como producto de la minería artesanal de oro, tiene concentraciones ambientales de vapor de mercurio que superan los valores límites permisibles. **Metodología:** se aplicaron la figura de Rey, la fluidez semántica y fonológica, los pares asociados, el *token test*, el test de Stroop y la subprueba de dígitos. **Resultados:** se encontró que el

79,6% de los escolares presenta alteraciones en comprensión del lenguaje; el 77,6%, en funciones ejecutivas; el 52,6%, en atención visual; el 43,9%, en fluidez verbal; el 38,8%, en la memoria verbal a corto plazo y el 31,1%, a largo plazo. **Conclusión:** estas prevalencias son alarmantes y plantean la necesidad de realizar una intervención psicosocial efectiva para dar respuesta a este problema.

-----**Palabras clave:** alteraciones neuropsicológicas, lenguaje, memoria, funciones ejecutivas, atención, minería artesanal, vapor de mercurio.

### Abstract

**Objective:** to establish the prevalence of neuropsychological disorders in the language, memory, executive functions, and attention of schoolchildren studying from second grade of elementary school to ninth grade of high school in the Segovia municipality. As a result of the artisanal mining of gold, this region shows environmental concentrations of mercury vapor that exceed the prescribed exposure limits. **Methodology:** the Rey complex figure test, the phonological and semantic test (FAS), the associated pairs test, the token test, the Stroop test, and the digits subtest were all applied as part of the protocol for assessing these functions. **Results:**

79.6% of schoolchildren in Segovia presented alteration in language comprehension; 77.6% in executive functioning; 52.6% in visual attention; 43.9% in verbal fluency; 38.8% in short-term verbal memory, and 31.1% in long-term verbal memory. **Conclusion:** the prevalence of these anomalies among schoolchildren in Segovia are alarming, therefore a psychosocial intervention is needed to respond effectively to such a problematic scenario.

-----**Keywords:** neuropsychological alterations, language, memory, executive functioning, attention, artisanal mining, mercury vapor.

---

\* Investigación financiada por el grupo de Investigación y Desarrollo en Salud ocupacional

## Introducción

Los efectos de la exposición a vapor de mercurio han sido relacionados con déficits en los ámbitos sensorial, motor, cognitivo y psicológico, debido a que uno de sus “órganos blanco” es el sistema nervioso central [1]. Específicamente, en estudios sobre personas expuestas a este metal (en general, trabajadores), se ha encontrado que presentan alteraciones cognitivas en diferentes áreas como la memoria, el aprendizaje, la atención y la fluidez semántica; y en las funciones ejecutivas de estas últimas se ha evaluado la rapidez de procesamiento de información, inhibición y flexibilidad cognitiva [2-4].

Un proceso productivo —la minería del oro— es una de las principales fuentes de exposición al vapor de mercurio, [5] debido a que en el procedimiento artesanal para la extracción se utiliza este elemento para conformar una amalgama que debe fundirse. Es en este momento cuando los vapores de mercurio se emiten al ambiente.

En el municipio de Segovia, departamento de Antioquia, la actividad económica primordial es la minería de oro; y en su cabecera municipal se encuentran numerosos lugares donde se realiza la quema de la amalgama, donde se obtiene en promedio, con las mediciones realizadas de vapor de mercurio ambiental, valores que están 15 veces por encima de los límites permisibles [6], que, según la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) [7] están determinados en  $0,0025\text{mg}/\text{m}^3$ .

En un estudio llevado a cabo en este municipio en el 2005 por el Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia, cuyo objetivo era establecer alteraciones neurocomportamentales en personas adultas expuestas a mercurio en la actividad minera del oro en el municipio, se evidenciaron alteraciones neuropsiquiátricas y déficits en la función cognitiva de los participantes, que se asociaban, además, con la exposición a mercurio medioambiental, factor de riesgo presente en toda la cabecera municipal [6].

Sin embargo, y aunque la población infantil también se ve expuesta a este químico, no se han realizado estudios que la incluyan, lo cual se considera importante porque en los niños también pueden estar presentándose alteraciones a escala neuropsicológica como las mencionadas anteriormente. Como concluyeron Counter y Allen en investigación realizada con niños de una población minera del Ecuador, la exposición a vapor de mercurio afecta la conducción neural y, por lo tanto, los menores expuestos tienen el riesgo de desarrollar problemas neuropsicológicos [8], con el agravante de que tener dificultades durante la niñez en estos aspectos se ha relacionado con inadecuado desarrollo de las funciones cognitivas que intervienen en los procesos de

aprendizaje [9] y en el desempeño escolar [10], con la posibilidad, además, de que se afecten la personalidad y las interacciones sociales de los menores [11].

Específicamente, en relación con el desempeño escolar en los años 2002 y 2003, según la Secretaría de Salud del Municipio de Segovia, el porcentaje de deserción escolar osciló entre 18 y 20%, dos veces más alto que el promedio escolar en el departamento de Antioquia, al que pertenece el municipio. Esta situación no se ha explicado suficientemente, pero se cree que la exposición al vapor del mercurio puede estar influyendo en esto.

Teniendo en cuenta que diferentes investigaciones han concluido que la exposición a vapor de mercurio medioambiental pueden alterar las funciones cognitivas y comportamentales en las personas, que las mediciones de este químico en el municipio evidenciaron su concentración medioambiental, que hay asociación entre alteraciones neuropsicológicas en adultos y la exposición a este químico y que la población infantil de este municipio también se ve expuesta al mercurio, se plantea esta investigación como una primera aproximación a la problemática y se propone como objetivo establecer la prevalencia de alteraciones neuropsicológicas en las áreas de la memoria, el lenguaje, las funciones ejecutivas y la atención en escolares de segundo de primaria a noveno grado de bachillerato del municipio de Segovia, Antioquia, en el período 2008-2009.

## Metodología

Se realizó un estudio transversal analítico. La muestra estuvo conformada por 196 estudiantes de una población escolarizada de 4.180, de los grados segundo de primaria a noveno de bachillerato del municipio de Segovia, Antioquia en el período 2008-2009. Se realizó un muestreo aleatorio estratificado proporcional según barrio, teniendo en cuenta, como criterios para obtener el tamaño muestral, una potencia del 80%, una prevalencia esperada del 20%, un nivel de significancia de 0,05 y un nivel de confianza del 95%. Como resultado, se obtuvo un tamaño muestral de 158 estudiantes; sin embargo, fue posible realizar el estudio con 196 estudiantes.

Como criterio de inclusión se estableció: ser escolar matriculado en grados de segundo de primaria a noveno de bachillerato. Los criterios de exclusión fueron: presentar problemas de aprendizaje, diagnosticados o no; tener antecedentes clínicos neurológicos, antecedentes de traumatismos craneo-encefálicos y deficiencia atencional con y sin hiperactividad.

Se evaluaron las siguientes funciones:

*Atención:* definida como la capacidad de un individuo para seleccionar, entre diferentes alternativas, los estímulos que procesará o las actividades que llevará a cabo en un momento determinado [11].

**Memoria:** función cognitiva que permite registrar, almacenar y recobrar la información para su utilización en un momento determinado [11]; entre los diferentes tipos de memoria, en el presente estudio se evaluaron la memoria visoespacial, la auditiva y la verbal.

**Función ejecutiva:** función mental o cognitiva por excelencia que programa, orienta, coordina y controla la ejecución de los diferentes procesos cognitivos de los seres humanos; incluye actividades como la iniciativa y la creatividad, la capacidad de planificación de estrategias, la fluidez y la flexibilidad en la ejecución de los planes, la atención y la memoria operativa, los procesos de monitoreo y el control inhibitorio [12].

**Lenguaje:** se considera, junto con las funciones ejecutivas, la mayor evolución de la corteza cerebral [12]; es la actividad que les permite a los seres humanos nombrar el mundo y comunicarse con otros, y su evaluación permite identificar trastornos del desarrollo neuropsicológico [13].

### Instrumentos de recolección de información

Para clasificar a los escolares con posible déficit de atención (con y sin hiperactividad,) se utilizó el manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM IV) de la American Psychiatric Association [14], y para evaluar las diferentes funciones cognitivas, se utilizaron las pruebas consignadas en la tabla 1.

**Tabla 1.** Pruebas utilizadas en la evaluación de las funciones cognitivas

Función cognitiva	Pruebas utilizadas
Función ejecutiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Test de Stroop [15] para evaluar procesos inhibitorios de respuestas automáticas</li> <li>- Fluidez fonológica para evaluar estrategias de búsqueda y clasificación de la información.</li> </ul>
Memoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se evaluó memoria visoespacial utilizando la figura de Rey [16], memoria auditiva con la prueba de dígitos y memoria verbal a corto y a largo plazo con la prueba pares asociados</li> </ul>
Atención	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La atención auditiva se valoró con la prueba de dígitos y la atención visual, con el test de Stroop</li> </ul>
Lenguaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se utilizó el <i>token test</i> para evaluar comprensión de lenguaje [17] y la fluidez semántica para valorar la fluidez verbal semántica se utilizó.</li> </ul>

### Procedimiento

La información se recolectó en las instituciones educativas en el segundo semestre del 2008 con participación voluntaria de los escolares. La duración de la aplicación de las pruebas fue de aproximadamente una hora por estudiante y se realizó en el siguiente orden:

1. *Figura de Rey (copia):* con la figura compleja como modelo, se solicitó al escolar que la copiara hasta que considerara que quedaran iguales.
2. *Fluidez semántica:* para esta prueba se realizaron dos momentos: en el primero se le pidió al escolar que expresara el mayor número de animales en un minuto, luego se le solicitó que hiciera el mismo ejercicio con frutas.
3. *Fluidez fonológica:* se le solicitó al escolar que dijera el mayor número de palabras que comenzaran por *f*, luego por *a* y finalmente por *s*. Para cada letra se asignó un minuto.
4. *Figura de Rey (memoria):* el estudiante tuvo que dibujar nuevamente la figura compleja que había hecho, esta vez sin la ayuda del modelo.
5. *Pares asociados:* se leyeron al escolar diez parejas de términos, luego de lo cual se decía la primera palabra de la pareja y el escolar debía decir la segunda; este ejercicio se realizó tres veces seguidas.

6. *Token test:* con el uso de fichas con diferentes formas, colores y tamaños, se le leyeron las 36 instrucciones de la forma resumida; cada vez que escuchaba una, el escolar debía ejecutarla.
7. *Test de Stroop:* se utilizó el formato de tres láminas, cada una con un tablero de 50 casillas (10 columnas × 5 filas). En la primera lámina, el escolar debía leer en voz alta la palabra escrita en cada casilla (verde, rojo, azul, amarillo; todas impresas en color negro). En la segunda lámina, el escolar debía decir el color de la *x* (en cada casilla había una *x* impresa en alguno de los cuatro colores mencionados), y en la tercera lámina, el escolar debía decir el color en el que estaba impresa la palabra que aparecía en la casilla. Para las tres láminas, el escolar contó con 45 segundos para hacer el ejercicio solicitado.
8. *Pares asociados (diferido):* en esta ocasión no se le leyeron al escolar las parejas, sino que simplemente se le dijo la primera palabra y él debía enunciar la pareja.
9. *Dígitos:* esta prueba tiene dos componentes: en el primero, el escolar debía repetir una serie de números en el mismo orden en el que se los leían; y en el segundo, el escolar debía repetir al revés las series de números que se le leían.

### Calificación de la ejecución en las pruebas

Se utilizaron los baremos por edades para la población colombiana propuestos por Ardila, Rosselli y Puentes [18]. En los casos donde no se contaba con el valor de la desviación estándar para el grupo de edad, se utilizó la desviación estándar del grupo de escolares del estudio. Debido a que para las edades de 13 a 18 años no se contaba con baremos, se utilizaron la media y la desviación estándar propias de la población, reuniendo las edades 13 y 14 años en un grupo, y las de 15 a 18 años en otro. En relación con la prueba del test de Stroop, se calculó el valor de la interferencia de acuerdo con el manual, y con base en él se calificó [15].

Para la presentación de resultados se utilizaron dos categorías: alterado y normal. La primera categoría hace referencia a puntajes menores a la media esperada para el grupo de edad menos una desviación estándar. Específicamente, para el test de Stroop, se tomaron como *al-*

*terados* los valores menores de cero en la calificación de la interferencia [15].

### Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se trabajó con el programa SPSS. Se utilizaron proporciones para la descripción de cada función cognitiva según sexo, rangos de edad y grado escolar, evaluando asociación con la prueba chi cuadrado, con un nivel de significancia estadística a priori de  $\alpha = 0,05$ .

### Resultados

En el estudio, el 58,2% de los participantes fueron mujeres. El rango de edad osciló entre 7 y 18 años; la distribución, según el grado escolar, se reporta en la tabla 2. El 77,5% de los participantes se concentra entre los grados segundo de primaria y sexto.

**Tabla 2.** Distribución porcentual de los escolares según grado y edad, Segovia, 2008

Grado escolar	Edad					Total(%)
	7-8 años (%)	9-10 años (%)	11-12 años (%)	13-14 años (%)	15-18 años (%)	
Segundo de primaria	9,2	6,6	2,6	0	0	18,4
Tercero de primaria	1,0	11,7	3,6	0,5	0,5	17,3
Cuarto de primaria	0	6,6	3,6	0,5	1,0	11,7
Quinto de primaria	0	2,6	8,7	6,1	0	17,3
Sexto	0	0	8,2	4,1	0,5	12,8
Séptimo	0	0	2,0	5,6	1,0	8,7
Octavo	0	0	0,5	5,6	2,6	8,7
Noveno	0	0	0	0,5	4,6	5,1
<b>Total</b>	<b>10,2</b>	<b>27,6</b>	<b>29,1</b>	<b>23,0</b>	<b>10,2</b>	<b>100,0</b>

Fuente: elaboración del autor

El 98,5% de los escolares de segundo de primaria a noveno grado de bachillerato en Segovia presentó alteración en *alguna* de las funciones cognitivas evaluadas. Se encontró que porcentajes superiores al 50% de los escolares de Segovia presentaron alteraciones relacionadas con la comprensión del lenguaje (valorada a través del *token test*), alteraciones en las funciones ejecutivas de búsqueda, clasificación de la información (evaluadas

a partir de la fluidez fonológica) y de inhibición de la respuesta automática y atención (valoradas con el test de Stroop). Se observó también que entre el 31,1 y el 43,9% de los escolares presentaron alteraciones en la fluidez verbal semántica y en la memoria verbal a corto y largo plazo. La memoria visual y la atención auditiva son las funciones cognitivas en las cuales se encontró un menor porcentaje de escolares con alteración de ellas (tabla 3).

**Tabla 3.** Porcentaje de escolares con puntajes alterados según prueba aplicada

Prueba	Valoración	
	Alterado(%)	Normal(%)
Token test	79,6	20,4
Fluidez fonológica	77,6	22,4
Test de Stroop	52,6	47,4
Fluidez semántica	43,9	56,1
Pares asociados	38,8	61,2
Pares asociados (diferido)	31,1	68,9
Figura de Rey memoria	11,7	88,3
Dígitos	4,6	95,4

Fuente: elaboración del autor

Antes de iniciar la descripción de los resultados obtenidos según función cognitiva, los autores quieren anotar que las diferencias a continuación descritas, *solo fueron estadísticamente significativas* ( $p < 0,05$ ) para la evaluación de las funciones ejecutivas en relación con las estrategias de búsqueda y clasificación de la información evaluadas con la fluidez fonológica. Esto implica que la presencia de las diferentes alteraciones en las demás áreas evaluadas *no están asociadas* ni con el sexo, ni con el rango de edad, ni con el grado escolar.

### Lenguaje: comprensión

El 81,7% de los escolares (hombres) presentó alteraciones en la comprensión del lenguaje en relación con 78,1% de mujeres. Según edades, aunque en los escolares de 7 a 8 años se observó una prevalencia del 65%, esta es baja si se compara con los escolares entre 9 y 18 años, en los cuales el rango de prevalencia de problemas en la comprensión se encontró entre 80 y 82,5%. Con respecto a los grados escolares, en todos se observaron prevalencias superiores al 69%, con quinto de primaria como el curso donde un porcentaje mayor de estudiantes (94,1%) tuvo problemas en la ejecución adecuada del *token test*.

### Lenguaje: fluidez verbal semántica

Según sexo, las escolares presentaron la misma prevalencia de alteración en este sentido que los escolares: 43,9%. Según edades, los escolares entre 15 y 18 años fueron los que obtuvieron el mayor porcentaje de puntuaciones inferiores a lo esperado (55%) y los escolares entre 7 y 8 años, los que presentaron el menor porcentaje (40%). Con respecto a los grados, los escolares de segundo de primaria presentan el mayor porcentaje de personas con alteración en su fluidez verbal (55,6%). En los grados entre tercero y octavo se observaron prevalencias entre el 40 y el 43%, y noveno fue el grado escolar donde se obtuvo el menor porcentaje: 30%.

### Funciones ejecutivas: estrategias de búsqueda y clasificación de la información

El 78,1% de las escolares presentó alteración en esta función frente al 76,8% de los escolares. El 91,2% de los escolares de quinto de primaria obtuvieron puntajes inferiores a los esperados, y en todos los grados la prevalencia de alteraciones en esta función es superior al 60%, a excepción de los escolares de noveno grado, con un porcentaje del 30%. En relación con la edad, se destacó el grupo de escolares entre 9 y 10 años, que alcanzó una prevalencia del 88,9%. Es importante resaltar que en todos los grupos de edad, la prevalencia fue igual o mayor al 50%.

### Funciones ejecutivas: procesos inhibitorios de respuestas automáticas y atención visual

La prevalencia de alteraciones es mayor en las mujeres (53,5%) que en los hombres (51,2%). Quinto de primaria es el grado escolar donde se encontró un mayor porcentaje de estudiantes con problemas en esta función (67,6%) y noveno, el de menor porcentaje (30%). En relación con la edad, los escolares entre 11 y 12 años presentan la mayor proporción: 61,4%.

### Memoria verbal a corto plazo

Según sexo, la prevalencia fue mayor en los escolares hombres (40,2%) que en las escolares (37,7%); según grupos de edad, es mayor en los escolares entre 7 y 8 años (50%) y, según grado de escolaridad, el 55,6% de los escolares de segundo de primaria y el 52,2% de los de cuarto de primaria presentaron alteración en esta función.

### Memoria verbal a largo plazo

Según sexo, la prevalencia fue mayor en los escolares hombres (36,6%) que en las escolares (27,2%). Según grupos de edad y grados de escolaridad, la prevalencia fue mayor al 20% en todos. Cabe resaltar que el 45% de los escolares entre 7 y 8 años y el 44,4% de los escolares de segundo de primaria fueron los que presentaron la mayor prevalencia de alteración en esta función.

### Memoria visoespacial

Según sexo, las mujeres presentaron una prevalencia mayor de problemas de memoria espacial (13,2%) que los hombres (9,8%). De acuerdo al grado escolar, los estudiantes de quinto de primaria presentaron el mayor porcentaje de alterados (26,5%), seguidos de los de noveno (20%); sexto presentó el porcentaje menor (4%). Finalmente, en relación con la edad, los menores entre 13 y 14 años presentaron un mayor porcentaje de alterados (15,6%) y los escolares entre 9 y 10 años, el menor porcentaje (7,4%).



### Atención auditiva

El 6,1% de los escolares hombres obtuvieron porcentajes inferiores a los esperados en la prueba, frente al 3,5% de las mujeres. Los escolares de noveno grado presentaron la mayor prevalencia (10%), en relación con los de quinto de primaria, de los cuales todos tuvieron puntuaciones normales. Finalmente, según la edad, la mayor prevalencia se encontró en los escolares de 15 a 18 años (20%) y la menor, en los estudiantes de 9 y 10 años, entre los cuales ninguno presentó un puntaje inferior al esperado.

### Alteraciones neuropsicológicas según grado escolar

Como se observa en la tabla 4, teniendo en cuenta los grados escolares, en segundo de primaria, la prevalencia de alteraciones en los escolares fue superior al

40% en seis de las ocho áreas evaluadas, y alcanzó un máximo de 83,3% de escolares con puntajes alterados en fluidez fonológica.

En tercero, cuarto y octavo se observan prevalencias de alteraciones superiores al 40% en cinco pruebas; la fluidez fonológica fue la prueba en la cual un porcentaje mayor de escolares presentó alteraciones.

En quinto, sexto y séptimo se presentaron prevalencias de alteración por encima del 40% en cuatro pruebas; el *token test* fue la prueba en la que, en estos cursos, un mayor porcentaje de estudiantes tuvo puntuaciones inferiores a las normales.

En noveno, la mayor prevalencia de alteraciones se encontró en el *token test*, con 70% de estudiantes. Sin embargo, solo se observó una diferencia estadísticamente significativa para la fluidez fonológica ( $p = 0,002$ ).

**Tabla 4.** Porcentaje de escolares con puntajes alterados según prueba aplicada y grado escolar

Grado escolar	Token test	Fluidez fonológica	Test de Stroop	Fluidez semántica	Pares asociados	Pares asociados (diferido)	Figura de Rey (memoria)	Dígitos
Segundo de primaria	75,0	83,3	41,7	55,6	55,6	44,4	13,9	2,8
Tercero de primaria	79,4	88,2	58,8	41,2	41,2	35,3	5,9	5,9
Cuarto de primaria	69,6	73,9	56,5	43,5	52,2	26,1	4,3	4,3
Quinto de primaria	94,1	91,2	67,6	44,1	23,5	8,8	26,5	,0
Sexto	84,0	72,0	52,0	40,0	24,0	36,0	4,0	8,0
Séptimo	82,4	64,7	47,1	41,2	35,3	35,3	11,8	5,9
Octavo	70,6	70,6	47,1	41,2	41,2	35,3	5,9	5,9
Noveno	70,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	20,0	10,0

### Discusión

El objetivo del presente estudio fue establecer la prevalencia de alteraciones en memoria, lenguaje, funciones ejecutivas y atención en escolares de segundo de primaria a noveno de bachillerato en un municipio de Antioquia, con concentraciones de vapor de mercurio medioambiental superiores a las establecidas por los límites permisibles, en el período 2008-2009.

Se observó que los escolares presentaron prevalencias de puntajes alterados superiores a la reportada (del 20%) en el estudio de Counter y Allen [8]. Por cada 100 escolares de Segovia, 79 tienen problemas para la comprensión del lenguaje, 77 tienen dificultad con los procesos relacionados tanto con el vocabulario como con las funciones ejecutivas (búsqueda y planeación de la respuesta), 52 tienen comprometida la capacidad de inhibición de la respuesta o la atención visual, 44 pre-

sentan inconvenientes con la fluidez verbal, 39 con la memoria verbal a corto plazo y 31, con la memoria verbal a largo plazo. Estos resultados son alarmantes porque las funciones cognitivas intervienen en el adecuado desarrollo psicológico y social de los seres humanos y, específicamente, se han asociado con un desempeño escolar apropiado.

Rosselli, Ardila y Matute encontraron que la fluidez verbal y la fluidez fonológica son predictores del buen desempeño en la lectura, concretamente, en la comprensión [18]; Dickerson y colaboradores, en su estudio, concluyeron que tanto la memoria como la atención se asocian con la habilidad de lectura [19]. En relación con áreas académicas, en un estudio con escolares hispanohablantes se encontró que la memoria verbal se encuentra asociada con buen desempeño de los escolares en áreas relacionadas con las ciencias sociales [20].

Según los resultados de este estudio, la presencia de las alteraciones cognitivas no se asoció ni con el sexo, ni con la edad, ni con el grado escolar (a excepción de los resultados en la fluidez fonológica), puesto que, aunque se encontraron diferencias, ninguna de ellas fue significativa, lo cual es contrario a lo reportado en otras investigaciones, donde, en la caracterización del perfil neuropsicológico de grupos de menores, sí se han encontrado diferencias significativas en relación con la edad [13, 20] y con la escolaridad [21].

Considerando la particularidad de las condiciones ambientales del lugar donde reside la población estudiada —en el que, como se expuso anteriormente, existen concentraciones de vapor de mercurio medioambiental—, y teniendo en cuenta que el alcance del presente estudio no permite establecer una relación entre las alteraciones encontradas y la exposición a vapor de mercurio, para los investigadores es importante exponer el hecho de que las áreas cognitivas evaluadas en este estudio y en las que se presentan las mayores prevalencias de escolares alterados han sido reconocidas y asociadas a la exposición de mercurio en otros estudios. Se exceptúan las áreas de atención auditiva y memoria visual, en las que, a diferencia de los resultados de esta investigación, las personas expuestas a vapor de mercurio o mercurio inorgánico también presentan alteraciones.

Passos y Mergler, en su revisión de estudios sobre efectos en la salud por exposición a mercurio en la zona del Amazonas, concluyeron que en menores expuestos se han reportado dificultades en atención y desempeño visoespacial [22]; Cámara y colaboradores compararon poblaciones expuestas y no expuestas a mercurio metálico y encontraron asociaciones positivas con la pérdida de memoria y la dificultad para concentrarse [23]. Haut y colaboradores concluyeron que la exposición a mercurio de trabajadores se relaciona con déficits significantes en el funcionamiento neuropsicológico en la memoria verbal, flexibilidad cognitiva, abstracción y rapidez de procesamiento, la cual fue evaluada con el test de Stroop [2].

Rohling y Demakis, en su metaanálisis, concluyen que las personas expuestas a esta condición, además de presentar alteraciones en sus funciones ejecutivas, la memoria, el aprendizaje y la velocidad de procesamiento mental, también las presentan en la atención y la habilidad visoespacial [3].

Asimismo, en el estudio de caso sobre disfunciones cognitivas asociadas a la ingestión e inhalación de mercurio elemental, llevado a cabo por Cercy y Wankmuller, se reportó que aunque el individuo en estudio tenía una historia de alcoholismo crónico, los déficits cognitivos en relación con la inhibición de la respuesta automática (que consideran más específica en la intoxicación por mercurio que, incluso, otras mediciones de carácter neurológico), la velocidad de procesamiento, la fluidez

semántica, el procesamiento visoespacial y la memoria para material visual y de poco contexto verbal, podrían ser explicados, en parte, por la inhalación de mercurio [4].

En un estudio realizado sobre alteraciones neuropsicológicas por exposición ocupacional a vapores de mercurio en El Bague, Colombia [24], los investigadores encontraron alteraciones en la función ejecutiva, en las praxias construccionales y en la memoria en el grupo de varones expuestos.

Los resultados de este estudio evidencian que los escolares del municipio de Segovia están presentando alteraciones en funciones cognitivas involucradas en el desarrollo de los procesos de aprendizaje; sin embargo, es importante resaltar la necesidad de una evaluación integral, con el fin de precisar la áreas donde se debe realizar una intervención a escala individual, aunque también se recomienda, a partir del diagnóstico construido en este estudio, el diseño y puesta en marcha de una intervención psicosocial efectiva que dé respuesta a este problema.

Finalmente, dado que los escolares de Segovia están expuestos a vapor de mercurio medioambiental y que presentan alteraciones en aspectos neuropsicológicos que en otros estudios se han relacionado con la exposición a este metal, se considera importante realizar una investigación en la que se profundice sobre el efecto del vapor de mercurio en los escolares, no solo en el orden cognitivo, sino en el clínico puesto que, como Bose-O'Reilly y colaboradores [25] concluyeron que el mercurio es un riesgo químico severo para la salud de los menores de zonas en las cuales se practica la minería de oro a pequeña escala, principal proceso productivo en el municipio de Segovia.

## Referencias

- 1 World Health Organization. IPCS. Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. Geneva: WHO; 2003.
- 2 Haut M, Morrow L, Pool D, Callahan T, Haut J, Franzen M. Neurobehavioral effects of acute exposure to inorganic mercury vapor. *Applied Neuropsychology* 1999; 6: 193-200.
- 3 Rohling M, Demakis G. A meta-analysis of the neuropsychological effects of occupational exposure to mercury. *The Clinical Neuropsychologist* 2006; 20: 108-132.
- 4 Cercy S, Wankmuller M. Cognitive dysfunction associated with elemental mercury ingestion and inhalation: a case study. *Applied Neuropsychology* 2008; 15: 79-91.
- 5 World Health Organization. Health risks of heavy metals from log-range transboundary air pollution. Geneva: WHO; 2007.
- 6 Menéndez M, Suárez E, Salazar M, Gil Y. Alteraciones neurocomportamentales en personas expuestas a mercurio en la actividad minera del oro en el municipio de Segovia (Antioquia) 2005. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia; 2006.

- 7 ACGIH. TLVs and BEIs: Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2010.
- 8 Counter S, Allen S. Neurophysiological anomalies in brainstem responses of mercury-exposed children of Andean gold miners. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2003; 45: 87-95.
- 9 Escobar M, Zabala M, Rozo P. Perfil neuropsicológico de escolares con trastornos específicos del aprendizaje de instituciones educativas de Barranquilla, Colombia. *Acta Neurológica Colombiana*. 2008; 24: 63-73.
- 10 Rosselli M, Ardila A, Matute E. Predictores neuropsicológicos de la lectura en español. *Rev de Neurología* 2006; 42: 202-10.
- 11 Montañes P, Brigard F. *Neuropsicología Clínica y Cognoscitiva*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2001.
- 12 Lopera F. Funciones ejecutivas: aspectos clínicos. *Rev Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias* 2008; 8: 59-76.
- 13 Fernandes M, Bentes R, Figueiredo P, Brandão-Bretas D, da Costa-Abrantes S, Parizzi A, Borges-Leite W, Salgado J. Normalización de una batería de tests para evaluar las habilidades de comprensión del lenguaje, fluidez verbal y denominación en niños brasileños de 7 a 10 años: resultados preliminares. *Rev de Neurología* 2007; 44: 275-280.
14. American Psychiatric Association. Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales. España: MASSON S.A; 1995.
- 15 Golden C, Stroop: Test de Colores y Palabras. Madrid: TEA Ediciones; 1994.
- 16 Rey A. Test de Copia y de Reproducción de memoria de figuras geométricas complejas. Madrid: TEA Ediciones; 2003.
- 17 De Renzi E, Flagioni P. Normative data and screening power of a shortened version of the Token Test. *Cortex*. 1978; 14: 41-49.
- 18 Ardila A, Rosselli M, Puente A. *Neuropsychological Evaluation of the Spanish Speaker*. New York: Plenum Press; 1994.
- 19 Dickerson S, Calhoun S, Bixler E, Zimmerman D. IQ and neuropsychological predictors of academic achievement. *Learning and Individual Differences*. 2009; 9: 238-41.
- 20 Rosselli M, Ardila A, Bateman J, Guzmán M. Neuropsychological Test Scores, Academic Performance, and Developmental Disorders in Spanish-Speaking Children. *Developmental Neuropsychology*. 2001; 20: 355-373.
- 21 Quintanar-Rojas L, López A, Solovieva Y, Sarda N. Evaluación neuropsicológica de sujetos normales con diferentes niveles educativos. *Rev Española de Neuropsicología*. 2002; 4: 197-216.
- 22 Passos C, Mergler D. Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review. *Cadernos de Saúde Pública*. 2008; 24: 503-520.
- 23 Câmara V, Silva A, Pivetta F, Perez M, Lima M, Filhote M, et al. Estudo dos níveis de exposição e efeitos à saúde por mercúrio metálico em uma população urbana de Poconé, Mato Grosso, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 1996; 12: 69-77.
- 24 Tirado V, García M, Moreno J, Galeano L, Lopera F, Franco A. Alteraciones neuropsicológicas por exposición ocupacional a vapores de mercurio en El Bagre (Antioquia, Colombia) *Rev Neuropsicología, neuropsiquiatría y Neurociencias*. 2000; 31: 712-716.
- 25 Bose-O'Reilly S, Lettmeier B, Gothe R, Beinhoff C, Siebert U, & Drasch G. Mercury as a serious health hazard for children in gold mining areas. *Rev Environmental Research*. 2008; 107: 89-97.