

**LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE POZO COMO CAUSA DE  
METAHEMOGLOBINEMIA EN NIÑOS. CAMAGÜEY 1985-2001**

**Dr. Luis Larios Ortiz\***; **Dra. Regla Cañas Pérez\*\***; **Lic. Ángela M. Sánchez Carmona\*\*\***;  
**Dr. Alejandro Capote Fradera\*\*\*\***

*\* Especialista de II Grado en Higiene y Epidemiología. CPHE. Camagüey. Profesor Auxiliar. ISCM Camagüey.*

*\*\* Doctor en Ciencias Médicas. UNICEF. La Habana. Profesora Auxiliar. Facultad "Calixto García". Investigadora Auxiliar.*

*\*\*\* Licenciada en Geografía. CPHE. Camagüey. Máster en Desarrollo Regional.*

*\*\*\*\* Especialista de I Grado en Bioestadística de Salud..*

**RESUMEN**

Una tendencia a la disminución de la notificación de casos de metahemoglobinemia infantil en los últimos diez años en la provincia, unido al interés de investigar los factores que han motivado este hecho, constituyó el incentivo de esta investigación. Describir el comportamiento de la metahemoglobinemia infantil en la provincia en el período 1985-2001, caracterizar la entidad según algunas variables seleccionadas e identificar la posible asociación de la enfermedad con volumen de fertilizantes utilizados, precipitaciones, condiciones hidrogeológicas del territorio, y la variación de los niveles de nitratos de las aguas de consumo muestreadas, son los objetivos de esta investigación. Se utilizaron diferentes diseños metodológicos. Se concluyó que la metahemoglobinemia infantil en la provincia ha descendido en los últimos años y que los volúmenes de fertilizantes utilizados, la velocidad de infiltración de las rocas y la disminución de los valores de nitratos en las aguas de consumo, son los principales eventos asociados a este descenso.

**DeCS: METAHEMOGLOBINEMIA/epidemiología; NIÑO; CONTAMINACIÓN DEL  
AGUA/prevención; POZOS**

## INTRODUCCIÓN

Un informe emitido por el Ministerio de Salud Pública y el Instituto de Hidroeconomía en el país en 1987 plantea que el aumento sostenido de los tenores de nitratos, conjuntamente con la intrusión salina y la incorrecta disposición de las aguas residuales, responsable esta última de las bacterias del grupo coliforme, constituyen los factores de mayor incidencia en la pérdida gradual de la calidad de las aguas subterráneas utilizadas para el abasto público. Esta investigación nacional demostró que en las cuencas o fuentes de abastecimiento de agua de casi todas las provincias existía afectación por nitratos y que las provincias con mayor afectación en relación con la contaminación por este elemento en fuentes de abasto de aguas subterráneas fueron Camagüey y Las Tunas, y en menor grado, Cienfuegos y Holguín.

Los resultados se basaron en los datos suministrados por los sistemas de vigilancia del agua existentes en el país a través del Instituto Nacional de Higiene, los Centros Provinciales de Higiene y Epidemiología y el Instituto de Hidroeconomía, los cuales señalaban un incremento paulatino de la concentración de los nitratos en fuentes de abastecimiento de agua que alcanzaban niveles superiores a la norma de concentración máxima permisible para Cuba que es de 45 mg/l.

Los estudios epidemiológicos y clínicos en el humano han demostrado que la principal manifestación tóxica derivada de la ingestión de nitratos y nitritos es la metahemoglobinemia. Los más susceptibles a ser afectados por las concentraciones prevalentes de nitritos y nitratos son los niños (lactantes y niños pequeños).<sup>1</sup>

En el año 1985 se notifica el primer caso de metahemoglobinemia infantil en la provincia por el Hospital Pediátrico Provincial de Camagüey por ingestión de agua con alto contenido de nitratos. A partir de este año y de forma ininterrumpida, comienza el incremento de reporte de casos, se notificaron, desde 1985 a 1991 (fecha que marca el descenso de la enfermedad), 177 pacientes.<sup>2</sup> Esta cifra costó a la provincia y al país alrededor de \$ 70 800.00 (MN), según estimados del Departamento de Costos del Hospital,\* se conoce que esto no expresa el valor real de la estadía, pues la salud cubana es un bien subsidiado por el Estado. Tampoco se cuentan los posibles fallecidos por error diagnóstico en los primeros momentos, ni las pérdidas o afectaciones laborales a padres y tutores que debían cuidar de estos niños, ingresados en la sala de Terapia Intensiva del Hospital.

A partir de 1991 comienza un descenso significativo de la notificación de casos en la provincia, lo que indica que, además de la educación sanitaria, algún otro factor considerado en estudios anteriores en nuestro país<sup>3-5</sup> y de importancia en el origen de la contaminación de las aguas, se había movido con suficiente intensidad para explicar la disminución de esta incidencia. Nos proponemos describir el comportamiento de la metahemoglobinemia infantil en Camagüey durante el período 1985-2001, caracterizar la metahemoglobinemia según variables seleccionadas, identificar la posible asociación entre la incidencia de la enfermedad y factores

tales como: volumen de fertilizantes, régimen de lluvias, y condiciones hidrogeológicas de la provincia, y las posibles diferencias entre los valores de la concentración de nitratos en las aguas de consumo.

## **MÉTODO**

La investigación incluyó diferentes diseños metodológicos. Para estudiar la incidencia de la enfermedad durante el período 1985-2001, se inició un estudio ecológico descriptivo. En el caso de los volúmenes de fertilizantes, las precipitaciones y las condiciones hidrogeológicas, fue comparado el nivel de permeabilidad de las rocas por territorios con los lugares de notificación de los casos. Se compararon las cifras de nitratos en las fuentes de abasto de agua de antiguos casos de metahemoglobinemia entre los períodos 1985-1991, (considerado el de mayor reporte de casos) y 2001, en las zonas de mayor morbilidad en 18 de las 36 fuentes de abasto aptas para el muestreo al cabo del tiempo transcurrido, para un 50 % del total considerado. Se describieron algunas de las principales características clínicas y epidemiológicas de los casos reportados en la provincia.

Las fuentes fueron las historias clínicas de los casos de metahemoglobinemia, registros de laboratorio del CPHE, registros de consumo de fertilizantes nitrogenados (MINAZ-MINAGRI) y régimen de precipitaciones (Hidroeconomía). La riqueza de los acuíferos fue tomada del Atlas de Camagüey, del Instituto de Geografía de Cuba.

Para describir la incidencia de la enfermedad utilizamos las tasas correspondientes, para la concentración de nitratos, la media, la mediana y la desviación estándar, con un intervalo de confianza del 95 %. La diferencia de los niveles de nitratos se analiza mediante la prueba estadística de Wilcoxon, , específicamente en las muestras pareadas con un nivel de significación del 0.05. Se hizo una estimación del riesgo de enfermar por territorios, dividimos la tasa de incidencia de la enfermedad de los poblados situados en zonas geográficas con velocidad de infiltración menor de 0.5 l/m/s hasta 1 l/m/s entre los situados en zonas geográficas con velocidad de infiltración mayor de 5 l/m/s; datos tomados del Atlas de Camagüey. Para determinar la posible asociación entre las tasas de incidencia anuales, las precipitaciones y el nivel de fertilizantes consumidos se utilizó la correlación lineal de Spearman. El número total de casos diagnosticados se distribuyó por categorías e intervalos. Se hicieron comparaciones mediante porcentajes.

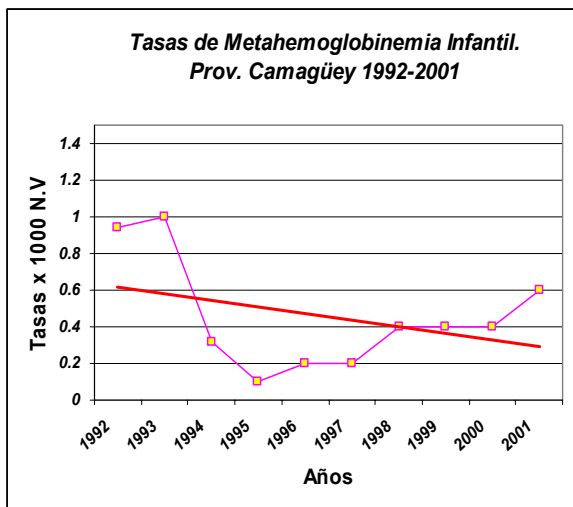
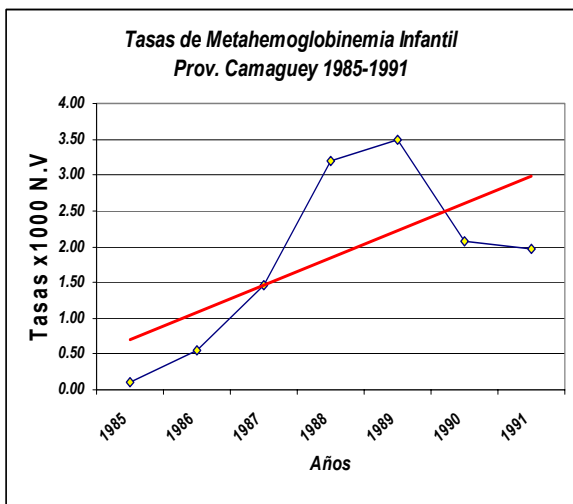
Los datos fueron procesados en paquete SSPS para Window.

## **RESULTADOS**

### **INCIDENCIA Y LOCALIZACIÓN**

El comportamiento de la metahemoglobinemia en la provincia desde 1985, fecha del reporte del primer caso, hasta el año 1991 tiene una tendencia ascendente. A partir de este momento comienza su descenso (Fig. 1).

**Figura 1. Tasas de metahemoglobinemia infantil en Camagüey. 1985-1991 y 1992-2001**



Fuente: Historias clínicas. Tasas x 1000 NV

## CARACTERIZACIÓN DE LA ENFERMEDAD SEGÚN VARIABLES SELECCIONADAS

### Edad:

En el período analizado se reportaron 239 casos, sólo cinco niños eran mayores de un año, para un 2,3 %. El 54,8 % (la cifra más alta) correspondió al grupo de uno a tres meses de edad. Le siguió el de 16-30, con un 26,7 %. Los restantes estuvieron por debajo de estas cifras.

### Tipo de lactancia:

Predominó la lactancia artificial y mixta, con 189 casos para un 79,1 %. La materna exclusiva ofreció el otro 20,9 %, con sólo 50 pacientes.

### Síntomas y signos más frecuentemente descritos en los casos:

La cianosis distal y peribucal fue el signo predominante al ingreso, con 123 casos (52 %), seguida de la cianosis generalizada con 88 (36 %).

### Niveles de metahemoglobina en sangre en el momento del ingreso:

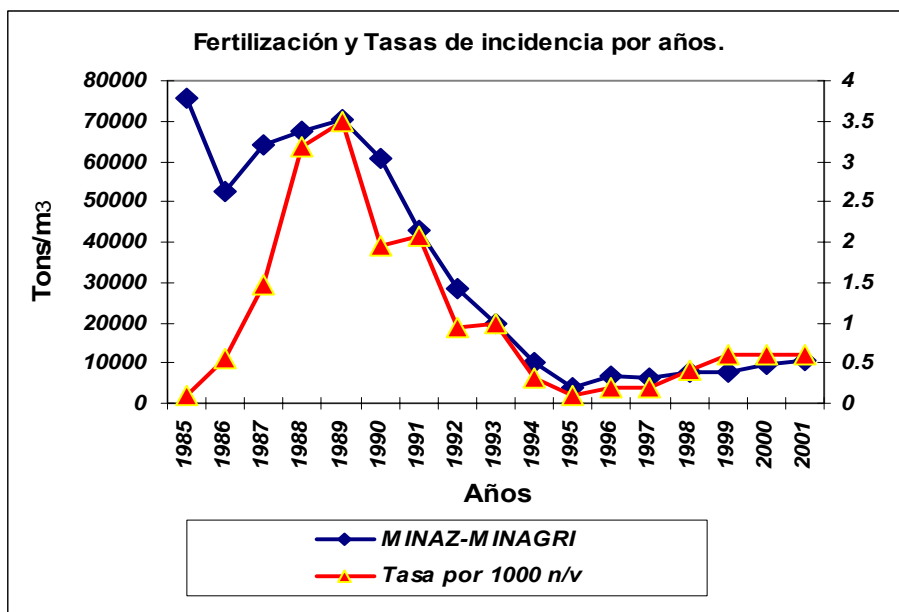
Cifras entre 16-40 % fueron las más reportadas, con 86 pacientes (35,1 %). Sólo en 10 casos los valores estuvieron por encima del 60 %.

### Tipo de agua de consumo referida, según fuente de abastecimiento y disposición de excretas:

De los 239 casos reportados, los padres o tutores de 238 referieron que consumían agua de pozo, para un 99,5 %. La letrina sanitaria como sistema de disposición final de excretas, sólo por 217, para el 90,5 %.

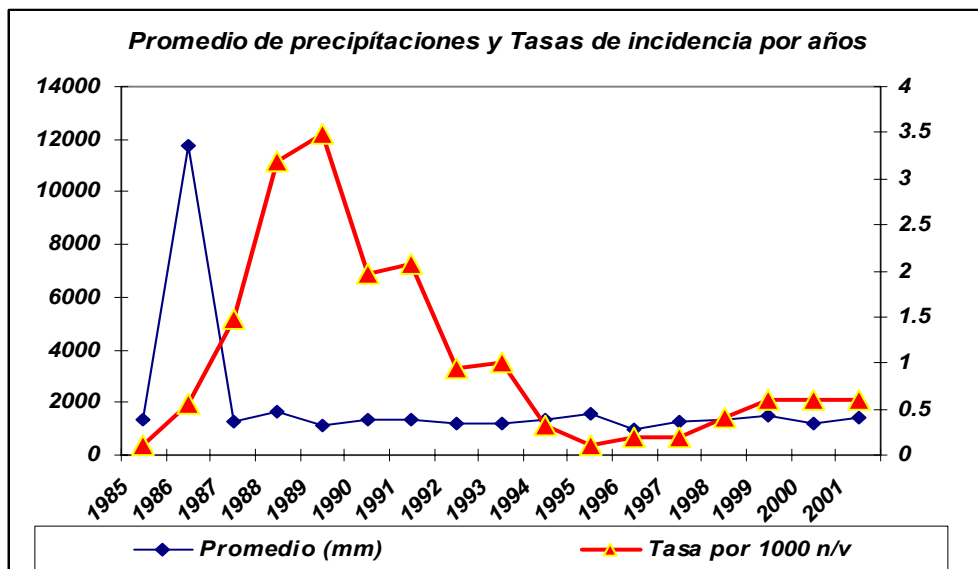
### VOLUMEN DE FERTILIZANTES

Los niveles de consumo de fertilizantes nitrogenados disminuyeron a partir de 1984 en el MINAZ y el MINAGRI, y más evidentemente en 1989. El coeficiente de correlación de Spearman fue de 0,59. En correspondencia con este evento existió también una disminución de las tasas de incidencia de la enfermedad.



## PRECIPITACIONES

No hubo una asociación evidente entre las tasas de incidencia y los niveles de precipitaciones. El coeficiente de correlación de Spearman fue de 0,049.

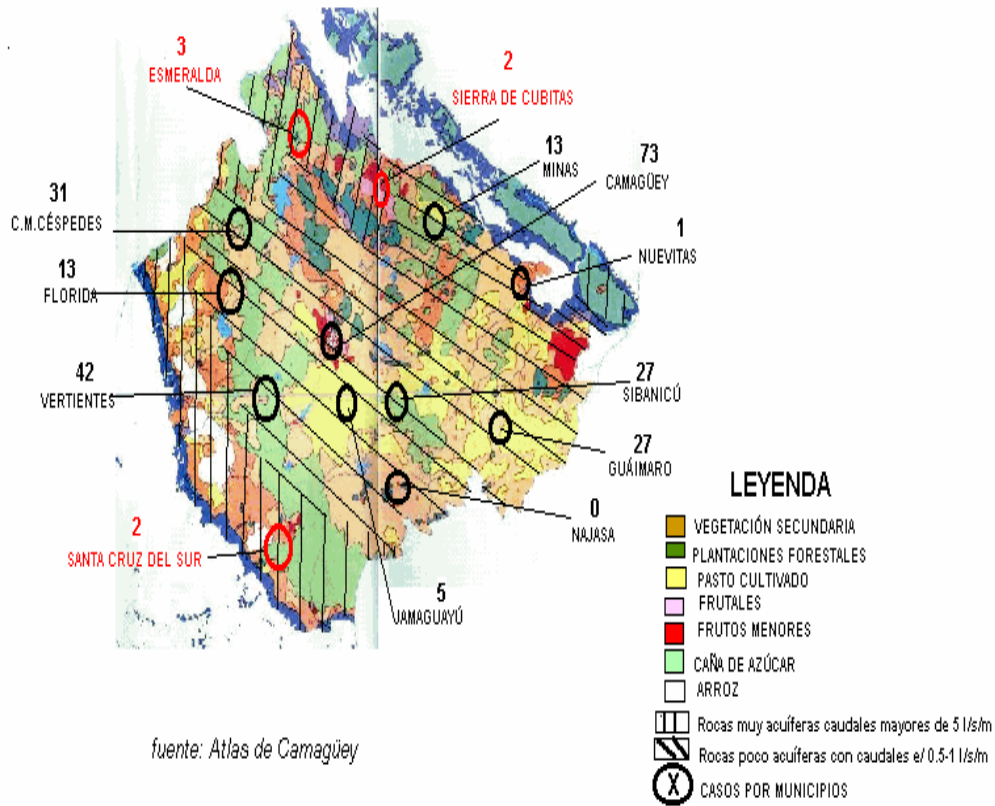


Fuente: Hidroeconomía Provincial. MINSAP

## CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LOS LUGARES DE APARICIÓN DE LOS CASOS

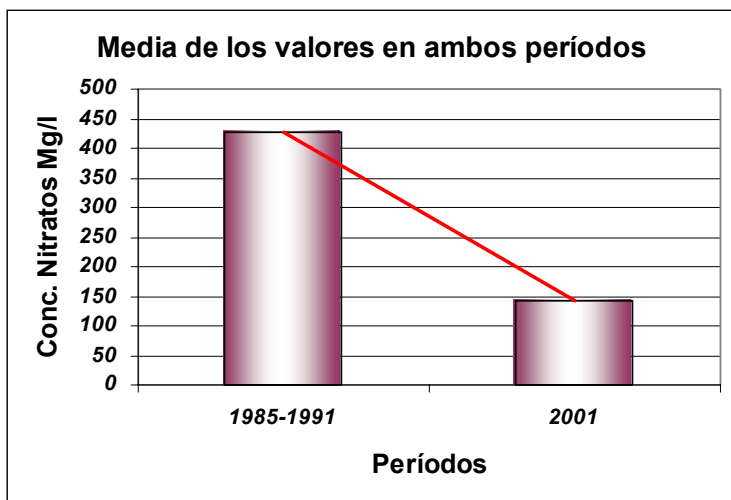
El riesgo de enfermar fue menor en los poblados situados en lugares con un acuífero subterráneo con un caudal específico de las rocas mayor de 5 l/s/m. Estas zonas se corresponden con los poblados de Santa Cruz de Sur, Esmeralda y Sierra de Cubitas, observables en el mapa.

## Relación hidrogeológica con zonas de cultivos e incidencia de Metahemoglobinemia



### VALORES DE NITRATOS COMO RESULTADO DE LOS MUESTREOS REALIZADOS

Existió una evidente disminución de los valores promedios de nitratos encontrados en las fuentes de antiguos casos de metahemoglobinemia en el año 2001 con respecto a la norma nacional. Es importante señalar el Instituto de Hidroeconomía obtuvo resultados similares en la provincia en los últimos 28 años en fuentes de abasto de las ocho cuencas subterráneas del territorio.



Fuente: CPHE

## DISCUSIÓN

En el 2002 sólo se reportaron seis casos, al igual que en los tres años anteriores. Todos se presentaron en los núcleos urbanos de los poblados cabeceras que son los de mayor densidad de población, en los municipios del mismo nombre, con la única excepción de Guáimaro, que ocurrieron en el poblado de Cascorro. Los poblados de mayor morbilidad fueron los de Sibanicú, Céspedes y Vertientes (municipios cañeros), seguidos de Camagüey y Guáimaro (dedicados a otros cultivos), y en menor grado, Minas y Florida (con cultivos mixtos de caña de azúcar y otras plantaciones).

No existen evidencias en entrevistas hechas a lo largo de los años a los Vicedirectores de Higiene y Epidemiología y al resto del personal médico (que es móvil), de que un mejor conocimiento de la entidad o la educación sanitaria de la población hayan impedido la aparición y remisión de casos al Hospital Pediátrico Provincial como está establecido, o a cualquier otra dependencia de salud o instancia municipal, puesto que el agua que beben es necesariamente la misma al igual que el lugar en que residen.

Una pregunta interesante sería si las campañas a favor de la utilización de la leche materna exclusiva hasta los cuatro meses de edad: Hospitales “Amigos del niño y de la madre”, Movimiento de Municipios por la Salud, consultorios del médico de la familia, etc., ayudarían a esta disminución. A pesar de que el presente estudio abarca un período de tiempo bastante amplio, el factor no puede desestimarse del todo, pero lamentablemente y a pesar de nuestros esfuerzos, hay que reconocer que todavía la lactancia materna exclusiva hasta los cuatro meses de edad no es un hecho consolidado, así lo confirman los estudios realizados en los últimos años en el país.<sup>6-10</sup>



## **CARACTERIZACIÓN DE LA ENFERMEDAD SEGÚN VARIABLES SELECCIONADAS:**

### **Edad**

Es un hecho ya probado que la edad resulta un factor muy importante a tener en cuenta. Los niños reúnen características fisiológicas que los hacen más susceptibles a los efectos tóxicos de los nitratos y cuya ingesta de agua resulta diez veces superior a la de los adultos por unidad de peso corporal.<sup>11</sup> Este aspecto es citado por un investigador en un trabajo al que anteriormente hemos hecho referencia.<sup>4</sup>

En nuestras investigaciones anteriores siempre prevalecieron los grupos de edades entre siete días y tres meses de nacido.<sup>2,12</sup> Los mayores porcentajes en la investigación actual son también para los grupos de 16–30 días y de uno a tres meses de nacido.

En estas edades el agua pudiera constituir uno de los elementos fundamentales de la alimentación ya que normalmente la ablactación en Cuba comienza a partir de los cuatro meses de edad, sólo en casos excepcionales está indicada iniciarla antes.<sup>13</sup>

Los estudios realizados en Cuba arrojan que el primer mes de vida es el de más alto riesgo para los niños, con un riesgo relativo (RR) de 7.6. La edad se mantuvo con un RR alto y una fracción etiológica de riesgo de 42,5 % en los niños expuestos al final del tercer trimestre de vida.<sup>14</sup>

### **Tipo de lactancia**

La lactancia artificial y mixta predominan sobre la materna. La misma está lógicamente asociada a un mayor consumo del agua en la preparación de las fórmulas.

Autores cubanos en estudios anteriores al respecto detectaron que el empleo de fórmulas lácteas fue 4.5 veces mayor en los casos que en los controles, debido a que hay una mayor exposición al agua por un mayor consumo de agua (la empleada en la preparación) y por la concentración en el proceso de ebullición.<sup>15</sup>

### **Síntomas y signos más frecuentes descritos en los casos**

La cianosis fue el signo clínico característico, tanto la distal y peribucal, como la generalizada. Este signo también es revelado por otros autores en trabajos recientes.<sup>16</sup> Un autor camagüeyano encontró la cianosis como motivo de ingreso en la totalidad de los casos ingresados en la Sala de Terapia Intensiva del Hospital Pediátrico Provincial de Camagüey en un trabajo presentado en la III Jornada provincial de Higiene y Epidemiología, celebrada en la provincia en 1986.

### **Agua y saneamiento**

El agua de pozo y la letrina sanitaria fueron los componentes esenciales de las viviendas de los afectados en más del 90 % de los casos. Por tal razón es difícil desechar las malas condiciones del saneamiento como responsables de la aparición de casos en algunas situaciones específicas. Un grupo de investigadores de la División de Análisis de Suelos de Tailandia<sup>17</sup> expresa que los

residuales generados por los centros urbanos, especialmente por su contenido de nitratos, pueden fácilmente contaminar el agua de consumo y ser causa de metahemoglobinemia en niños. Desde luego, la cita hace referencia a grandes centros urbanos y a la utilización de estos residuales en la fertilización, pero no puede descartarse esta influencia aún tratándose de centros urbanos pequeños.

### **Volumen de fertilizantes**

Existe un decrecimiento paulatino de los valores de los fertilizantes utilizados durante todo el período, más evidente a partir de 1989, momento de disolución del campo socialista y reforzamiento del bloqueo económico y Cuba se ve obligada a disminuir la importación del producto y recurrir a medidas alternativas para la fertilización. El riego de fertilizantes no es homogéneo en toda la provincia. El MINAZ en el territorio prioriza las áreas correspondientes a los municipios Santa Cruz del Sur, Vertientes, Florida y Céspedes; y el MINAGRI, a Vertientes, Sierra de Cubitas, Guáimaro (Camalote), Santa Cruz del Sur, Camagüey y Florida, sin dejar de atender, con excepción de Nuevitas, las áreas agrícolas de otros municipios y poblados.

El hecho de que las localidades que recibieron una fertilización intensiva, Santa Cruz del Sur o Sierra de Cubitas, dedicadas al cultivo de la caña de azúcar y cítricos, respectivamente, y no hayan aportado casi casos, lo explica su localización geográfica, con un acuífero rico y una velocidad de infiltración de las rocas mayor de 5 l/s/m.<sup>18</sup> En el año 2002 el MINAZ consumió 9 800 t, cifra similar en el 2001, y el MINAGRI, 1 020 t, cifra discretamente inferior a la del año anterior. El coeficiente de correlación de Spearman fue de 0,59.

### **Precipitaciones**

Las lluvias podrían constituir muy bien un agente de lixiviación o concentración del nivel de contaminantes, según su intensidad. Sin embargo, al considerar su influencia, los promedios de ambos períodos no difieren en gran medida. En un estudio anterior fue considerada también con iguales resultados.<sup>12</sup> Por tanto, las lluvias pudieran no ser un factor a tener en cuenta como elemento influyente en la aparición de la enfermedad. El coeficiente de correlación de Spearman fue de 0,049.

## **CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LOS LUGARES DE APARICIÓN DE LOS CASOS**

Santa Cruz del Sur, Sierra de Cubitas y Esmeralda, comunidades ubicadas en zonas con un acuífero subterráneo rico, no aportan casi casos en el período. La entidad hace su aparición con una mayor incidencia en los poblados situados en la zona central de la provincia muy cerca del parteaguas, con rocas cuya velocidad de infiltración es de menos de 0.5 hasta 1 l/m/s, considerada baja,<sup>18</sup> y por tanto, con un acuífero subterráneo con poca capacidad de dispersión de los contaminantes. Es difícil deshacerse de cualquier carga en un período relativamente corto. La

incidencia de la enfermedad fue mayor en esta zona que en el resto de los poblados situados en zonas geográficas más favorables.

El hecho de que poblados como Nuevitas y Najasa, y en menor medida Jimaguayú, situados en áreas consideradas también de baja infiltración, no hayan aportado casi casos, puede ser explicado por lo siguiente:

Nuevitas carece de área rural y su población se abastece con aguas superficiales en casi toda su totalidad, ya que la alta salinidad de su manto subterráneo impide la utilización de pozos. Jimaguayú también se abastece de agua superficial, pero con algunos pozos que le sirven como recurso alternativo. Najasa, por otra parte, es el poblado de menor densidad de la provincia, con un escaso desarrollo agroindustrial, nunca ha tenido sistematización en la aplicación de fertilizantes. Está rodeada de vegetación secundaria y bosques aislados, situado en una cota más elevada que el resto de las comunidades, y las aguas subterráneas fluyen del poblado hacia los territorios vecinos.

### **VALORES DE NITRATOS COMO RESULTADO DE LOS MUESTREOS REALIZADOS**

Entre mayo de 1982 y junio de 1984, el Dpto. de Química Sanitaria del C.P.H.E. inicia una investigación en 53 pozos del poblado de Sibanicú, la cual arrojó que el 92.45 % de las fuentes estaban fuera de norma. El valor promedio hallado fue de 181.9 mg/l. Se concluye que estos valores constituyen un riesgo para la población infantil y recomiendan continuar las investigaciones en este sentido. **Las investigaciones nacionales también habían encontrado valores superiores a estas cifras en la provincia.**<sup>14</sup>

El período de 1985–1991 fue considerado el de mayor morbilidad. Sin embargo, el último muestreo efectuado en esas mismas fuentes, muestra una evidente disminución de los valores.

### **CONCLUSIONES**

1. La metahemoglobinemia infantil en Camagüey, luego de una importante alza de 1985-1991, ha comenzado su descenso a cifras que por el momento no constituyen un problema sanitario.
2. Los niños de siete días de nacido hasta los tres meses de edad fue el grupo etéreo más afectado por las altas concentraciones de nitratos en las aguas de pozo, tal como se había observado en estudios anteriores en la provincia.
3. El descenso de la enfermedad está asociado a una notable disminución de la utilización de fertilizantes nitrogenados en el territorio por parte de sus principales consumidores (MINAZ, MINAGRI).
4. Un aspecto importante a destacar es que la entidad se manifestó con particular intensidad en los poblados con cultivos en la zona central de la provincia, con un manto subterráneo

con rocas cuyo caudal específico es de 0.5-1 l/s/m, considerado bajo, y por tanto, con un acuífero subterráneo con una baja capacidad de dispersión de los contaminantes.

## **ABSTRACT**

This investigation was carried out due to the trend to decreasing notification of infant methemoglobinemia in the last ten years in the province, together with the interest to investigate which factors have motivated this fact. To describe the behaviour of infant methemoglobinemia in the province from 1985 to 2001, characterize the entity according to some variables selected and identify the possible association of the disease and volume of fertilizers used, precipitations, hydrologic conditions of the territory and variation of nitrate levels of the drinking water sampled. To fulfil the objectives mentioned above, different methodological (desings) were used. We reached to the following conclusions: infant methemoglobinemia has decreased in the last years, fertilizer volumes used and the speed of rock infiltration, together with the diminishing of the nitrate values in drinking waters may be related with the appearance and future decreasing of the disease.

**DeCS: METHEMOGLOBINEMIA/epidemiology; CHILD; WATER POLLUTION/prevention & control; WELLS**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Harrison: Principios de medicina interna. vol 2. España: McGraw-Hill; 1998. p. 2891.
2. Larios Ortiz L. Comportamiento de la metahemoglobinemia infantil en la provincia de Camagüey: 1985-1994. [base de datos Lilacs]. Repidisca. Octubre-1995.
3. Ageitos Carvajal A, Álvarez Artola S, Sánchez Pupo E. Nitratos en aguas subterráneas: causa de metahemoglobinemia en lactantes. Rev Cubana Hig y Epidemiol 1980;18(3):227-35.
4. Cañas Pérez R, Sardiñas Pérez O, García Melián M. Concentración de nitratos en aguas destinadas al consumo. La Habana: INHEM; 1992. p 89-95. (Serie Salud Ambiental).
5. Cañas Pérez R, Puerto Martínez C del. El agua y su influencia sobre la salud. La Habana: INHEM; 1992. p 53. (Serie Salud Ambiental).
6. Álvarez Síntes R. Temas de Medicina General Integral. La Habana: Ciencia Médicas; 2001. p 119-21.
7. Durán Menéndez R. Factores psicosociales que influyen en el abandono de la lactancia materna. Rev Cubana de Ped 1999;71(2):72-9.
8. Hernández Cisneros F. Grado de conocimiento sobre algunas cuestiones técnicas de la lactancia materna. Rev Cubana de Med Gen Integr 1997;13(5):429-33.

9. Ovies Carballo G. Caracterización de la lactancia materna en un área urbana. *Rev Cubana de Med Gen Integr* 1999;15(11):14-8.
10. Prendes Labrada M de la C. Factores maternos asociados a la duración de la lactancia materna en Santos Suárez. *Rev Cubana de Med Gen Integr* 1999;15(4):397-402.
11. OPS/OMS. Nitratos, nitritos y compuestos de N-Nitrito. Publicación científica No. 394. Washington; 1980.
12. Estrada Vargas R, Junco Garzón N, Morera López G, Larios Ortiz L. Caracterización médico geográfica de la metahemoglobinemia infantil en la provincia Camagüey (1986-1990) [base de datos Lilacs]. *Repdisc* 18/1/94.
13. Martín González I, Placencia C, González Pérez D, Troadio: manual de dietoterapia. La Habana: Ciencias Médicas; 2001. p 94-102.
14. Cuba. Ministerio de Salud Pública. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. La investigación sobre la salud ambiental en Cuba. Período 1986-1990. La Habana: OPS/OMS; 1990. p 37.
15. Cañas Pérez R, Sardiñas Peña, Larios Ortiz L, Escalante Casalis A, Suárez A, Argote Rivero T. Evaluación del riesgo de metahemoglobinemia en lactantes por exposición a nitratos a través de las aguas de consumo. La Habana: INHEM; 1992. p 97-106. (Serie Salud Ambiental).
16. .Knobeloch L, Salna B, Hogan A, Postle J, Anderson H. Blue babies and nitrate-contaminated well water. *Environ Health Perspect* 2000;108(7):675-8.
17. Sukreeyapongse O, Panichsakpatana S, Thongmarg J. Nitrogen leaching from soil treated with sludge. *Water Sci Technol* 2001;44(7):145-50.
18. .Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba. Atlas de Camagüey. La Habana: ACC; 1989. p 20.

Correspondencia:

Dr. Luis Larios Ortiz

Avenida de los Mártires No. 107, La Vigía, Camagüey, Cuba

Teléfonos: 283906 (vivienda) 285575 (centro laboral)