

## Relación entre el contenido de cinc, cobre, hierro, manganeso y selenio en cabello y el estado nutricional de niños Barí

*Relationship between the content of zinc, copper, iron, manganese, and selenium in hair with the nutritional status of Bari children*

Alfonso Bravo-Henríquez<sup>1</sup>, Yorman Hernández-Calvo<sup>1</sup>, Ingrid Carruyo-Arrieta<sup>2</sup>,  
Daniel Villalobos-Colina<sup>1</sup>, Dairlex Bravo-Villalobos<sup>1</sup>,  
Dariangelis Bravo-Villalobos<sup>1</sup>, Víctor Granadillo-Morán<sup>3</sup>,  
Brinolfo Montilla-Bravo<sup>4</sup>, Marinela Colina Rincón de Vargas<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Nutrición, LUZ.

<sup>2</sup>Laboratorio de Bioquímica, Dpto. Biología, FEC, LUZ.

<sup>3</sup>Laboratorio de Instrumentación Analítica, FEC, LUZ.

<sup>4</sup>Laboratorio de Química Ambiental, FEC, LUZ. Maracaibo 4011, Venezuela.

**Correspondencia:** Alfonso Bravo Henríquez, Universidad del Zulia (LUZ), Edificio Ciencia y Salud, sector Paraíso, Calle 65, esquina Av. 19. Apartado Postal 4011. Maracaibo-Venezuela. arbravo@gmail.com

**Palabras claves:** Etnia Barí, estado nutricional, cabello, minerales esenciales, ICP-MS.

**Keywords:** Bari ethnicity, nutritional status, hair, minerals, ICP-MS.

### Resumen

Importantes funciones biológicas como el transporte de oxígeno, síntesis de proteínas, producción de energía, respuesta inmune y defensas antioxidantes dependen específicamente de los micronutrientes minerales. La detección de estos elementos esenciales en cabello puede ser de utilidad como indicador del estado nutricional de las poblaciones. El objetivo de esta investigación fue relacionar el contenido de cinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y selenio (Se) en cabello y el estado nutricional de niños indígenas Barí. Fueron evaluados infantes (n=40) de 3-12 años de la comunidad “Kumanda” en la Sierra de Perijá, estado Zulia-Venezuela. Se realizó una evaluación nutricional antropométrica por combinación de los indicadores peso/edad, peso/talla y talla/edad. Las muestras de cabello se colectaron de la región occipital del cráneo. Los elementos Zn, Cu, Fe, Mn y Se fueron detectados por espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS). Fueron encontradas las siguientes concentraciones de los elementos ( $\mu\text{g/g}$ ): Zn  $107,40 \pm 68,78$ ; Cu  $6,79 \pm 4,19$ ; Mn  $25,33 \pm 14,21$  y Se  $3,19 \pm 4,34$ . El estudio antropométrico demostró talla baja en el 72,5% de los niños y un 10,0% estaban desnutridos. Los niveles de Se

en cabello variaron significativamente, oscilando entre  $0,72\pm 0,83$   $\mu\text{g/g}$  en los niños con exceso de peso y  $3,91\pm 4,90$   $\mu\text{g/g}$  en los niños con talla baja (Kruskal-Wallis  $p=0,027$ ). Sólo fue encontrada una correlación significativa entre Se en cabello y la antropometría nutricional (Spearman  $r=0,368$ ;  $p=0,029$ ). Se concluye que existe una asociación entre el contenido de selenio en cabello y el estado nutricional de los niños Bari en estudio.

### Abstract

Important biological functions such as oxygen transport, protein synthesis, energy production, immune response, and antioxidant defense depends specifically on mineral micronutrients. The detection of these elements in hair samples may be useful as an indicator of the nutritional status of populations. The objective of this research was to analyze the relationship between the content of zinc (Zn), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), and selenium (Se) in hair with the nutritional status of indigenous children Bari. Children ( $n=40$ ) aged between 3-12 years were evaluated, from the community "Kumanda" located in the Sierra de Perija, Zulia state-Venezuela. Nutritional assessment was performed by combining the anthropometric indicators of weight/age, weight/height, and height/age. Hair samples were taken from the occipital region of the head. The concentrations of Fe, Zn, Cu, Mn and Se were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The following concentrations ( $\mu\text{g/g}$ ) of the elements were found: Zn  $107.40\pm 68.78$ , Cu  $6.79\pm 4.19$ , Fe  $190.37\pm 134.41$ , Mn  $25.33\pm 14.21$ , and Se  $3.19\pm 4.34$ . The anthropometric evaluation showed 72.5% of Bari children with short stature, and 10% of children had desnutrition. Significant variations in hair Se levels were found, ranging to  $0.72\pm 0.83$   $\mu\text{g/g}$  in children with overweight, and  $3.91\pm 4.90$   $\mu\text{g/g}$  in children with short stature (Kruskal-Wallis  $p=0.027$ ). Only a significant correlation was found to hair Se and the nutritional anthropometry (Spearman  $r=0.368$ ;  $p=0.029$ ). In conclusion, these results showed an association between the content of selenium in hair and the nutritional status of Bari children studied.

### Introducción

El cinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y selenio (Se) son micronutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento adecuado de niños y jóvenes; y debido a que estos elementos no son sintetizados por el organismo, es necesario absorberlos a través de la dieta (Jiménez y Marín, 1990). Sin embargo, los hábitos alimenticios de la mayoría de las poblaciones latinoamericanas son frecuentemente deficientes en estos minerales, aumentando la susceptibilidad y severidad a infecciones (O'Donnell y Carmuega, 1998).

A pesar de los avances innegables en las políticas sociales gubernamentales, la lucha por erradicar la pobreza en la población venezolana constituye uno de los problemas más difíciles que enfrenta el país, de carácter prioritario al afectar en el consumo de alimentos y por ende la salud. El patrón alimenticio en Venezuela aporta evidencia de que generalmente hay una menor ingesta de energía y de alimentos de origen animal en los estratos más pobres de la población (Solano *et al.*, 2005; Bengoa, 2006), aquejando particularmente a las comunidades indígenas, pues tienden a ser más vulnerables a la desnutrición (Maury *et al.*, 2010; Villalobos-Colina *et al.*, 2012). En Venezuela existen alrededor de 40 etnias aborígenes, la mayoría han pasado por periodos de exclusión muy largos por parte de los planes sociales implementados por los gobiernos anteriores, lo que ha ocasionado que estas poblaciones padezcan de muchas necesidades biopsicosociales que le permitan un desarrollo a la par con los grupos no indígenas (Perera, 2008; Fuentes y Jiménez, 2012).

En particular, la deficiencia de micronutrientes es un problema serio de salud pública en los países en desarrollo. La deficiencia de elementos como el hierro y cinc se muestra como uno de los trastornos nutricionales más frecuentes en Venezuela, con efecto importante en los estratos sociales más bajos (Rodríguez *et al.*, 2004; Solano *et al.*, 2008; Berné y Marcano, 2012). La deficiencia de hierro es la causa más común de anemia (García-Casal, 2005). La función más

importante del hierro es la de transportar y almacenar oxígeno, más del 80% del hierro corporal está contenido en la hemoglobina de los eritrocitos. La deficiencia de cinc puede producir retraso de crecimiento y pubertad retrasada en humanos, además, puede afectar a la función inmune lo que puede conducir a un aumento en la incidencia de infecciones, especialmente digestivas y dermatológicas. Por otra parte, no existen datos que relacionen la deficiencia de selenio con afectación de crecimiento, sin embargo, puede condicionarlo de una forma indirecta, ya que este mineral participa en el metabolismo de las hormonas tiroideas (Pompo *et al.*, 2001). Así mismo, el déficit de cobre afecta principalmente a lactantes prematuros, los cuales presentan anemia, neutropenia y anomalías esqueléticas (Portillo *et al.*, 2004). Mientras que el déficit de manganeso en niños ha sido asociada a resistencia insulínica (Rodríguez, 2011).

Tradicionalmente la deficiencia de estos elementos se ha evaluado a través de muestras de sangre, sin embargo, diferentes estudios han demostrado que el cabello es un tejido ideal para este tipo de análisis, por su fácil obtención y como método poco invasivo (Folin *et al.*, 1991; Morton *et al.*, 2005). De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (EPA), el cabello es "un tejido significativo y representativo" para medir metales tóxicos y nutrientes seleccionados. También puede ser usado en el diagnóstico de suplementación insuficiente en elementos esenciales antes de la aparición de un estado de deficiencia aguda (Nnorom *et al.*, 2005). Con el avance de la tecnología en los últimos 10 años, el análisis elemental del cabello se ha convertido en una herramienta valiosa dentro de diferentes disciplinas científicas, gracias al desarrollo de técnicas muy sensibles como la espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado o ICP-MS (Rodushkin y Axelsson, 2000).

Diferentes estudios han documentado el análisis de muestras de cabello de población infantil. Sakai *et al.* (2000) midieron en Japón los cambios en la concentración de 4 elementos traza esenciales, en dicho estudio se evidenció una disminución del Zn a partir de los 6 años. En Bolivia, Barbieri *et al.* (2011) determinaron 15 elementos en niños de 7-12 años, donde los valores de Zn fueron más altos en las niñas. En el estudio de Dongarrà *et al.* (2012) en Italia, se analizaron 19 elementos en niños de 11-13 años, con diferencias en el Zn entre géneros y Mn elevado en habitantes de zonas industriales. Mientras que en Venezuela, actualmente son muy limitadas las referencias sobre análisis de elementos en cabello, sólo se documentan los metales tóxicos (Bello *et al.*, 2002; Rojas *et al.*, 2007).

Ante esta situación, es probable detectar deficiencias de elementos esenciales en los grupos indígenas. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue relacionar el contenido de Zn, Cu, Fe, Mn y Se en cabello y el estado nutricional de niños indígenas Barí.

## **Materiales y Métodos**

### ***Población y muestra***

El estudio fue prospectivo, transversal, descriptivo y analítico. La comunidad indígena Barí "Kumanda" está ubicada en la Sierra de Perijá del estado Zulia, Venezuela, con una población estimada para el año 2008 de 114 individuos, existiendo un importante número de infantes. Se colectaron muestras de cabello de 40 niños de ambos géneros, con edades comprendidas entre los 3-12 años. Debido a las características de la población, el tipo de muestreo fue por conveniencia (Larios-Osorio, 1999).

### ***Criterios de Inclusión***

Fueron seleccionados niños aparentemente saludables de la etnia Barí, cuyos padres debían ser de la misma ascendencia indígena en dos generaciones sucesivas. Todos los padres de los niños estuvieron de acuerdo con la toma de muestra y manifestaron verbalmente su aprobación para la participación en el estudio. Los procedimientos empleados estuvieron de acuerdo con las normas éticas para trabajos con seres humanos, expresados en la declaración de Helsinki (Manzini, 2000).

### ***Obtención de las muestras de cabello***

Las muestras fueron colectadas de la región occipital del cráneo, se utilizó una tijera de acero inoxidable manteniendo una distancia de 2 cm a partir de la raíz del cabello. Cada muestra

fue depositada en bolsas con cierre hermético químicamente limpias y almacenadas a temperatura ambiente hasta su procesamiento.

#### ***Lavado de las muestras de cabello***

Las muestras de cabello fueron lavadas para garantizar la remoción del contenido de metales de procedencia endógena. Se utilizó un protocolo de limpieza convencional para este tipo de muestras biológicas (Aydin *et al.*, 1997), con modificaciones. El lavado se realizó colocando el cabello por 10 minutos en una solución de detergente no iónico (Sodosil, Riedel de Haën) al 0,3%; luego se lavó tres veces por 5 minutos con H<sub>2</sub>O desionizada y finalmente el material fue secado durante toda la noche a 50°C.

#### ***Mineralización de las muestras***

Se pesó en una balanza analítica (Ohaus<sup>®</sup>, modelo Pioneer<sup>™</sup> PA 313) entre 1-100 mg de cabello. Las muestras fueron colocadas en dispositivos para digestión Parr, adicionando 5 ml de una mezcla 5:3 de HNO<sub>3</sub> concentrado (J.T. Baker Inc.) y H<sub>2</sub>O desionizada. La mineralización se realizó en un horno por convección a 110°C durante 6 horas.

#### ***Determinación de elementos traza***

Las muestras mineralizadas fueron diluidas con H<sub>2</sub>O desionizada, empleando balones aforados de 5 ml. Las concentraciones de Zn, Cu, Fe, Se y Mn se midieron por espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS), en un equipo marca Agilent Technologies, modelo 7500 series. Los resultados fueron expresados en µg/g de cabello. Se utilizó material certificado (NIST “Mussel Tissue” CRM 4278, EE.UU) como parte del control de calidad para la validación de los resultados, obteniéndose valores de porcentaje de error relativo medio <5%, lo cual demostró la adecuada exactitud de los métodos analíticos empleados.

#### ***Evaluación nutricional antropométrica***

Se registró la edad, el peso y la talla de cada niño Barí (Méndez-Castellano, 1996), todos los datos fueron recolectados por la misma persona para evitar el error inter-examinador. El estado nutricional se determinó mediante una combinación de indicadores (peso/talla, talla/peso, peso/edad), utilizando como referencia las gráficas de crecimiento y desarrollo de la Organización Mundial de la Salud y adaptados por el Instituto Nacional de Nutrición (López *et al.*, 1993).

#### ***Análisis estadístico***

Los datos de la investigación fueron procesados mediante la aplicación del paquete estadístico SPSS, versión 20.0 (SPSS, 2011). Se calcularon los estadísticos descriptivos (promedio ± desviación estándar y porcentajes) de cada variable en estudio. Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos. En las variables donde hubo distribución normal se aplicó t-student ó ANOVA y en aquellas con distribución no normal se evaluaron con la prueba Mann-Whitney ó Prueba de Kruskal-Wallis. Fue realizada la prueba de correlación de Spearman entre contenido mineral en cabello y estado nutricional antropométrico. Las correlaciones fueron consideradas significativas con  $p < 0,05$ .

### **Resultados**

Las características generales de los niños Barí aparecen en la Tabla 1. Del total de los niños elegidos para el estudio, 40% (n=16) fueron del género masculino y 60% (n=24) del femenino, con edad promedio de 6,43 años, peso 18,65 kg y talla 104,88 cm. No hubo diferencias significativas para estas variables al comparar entre los géneros.

En la Tabla 2 se presenta el contenido de elementos esenciales en las muestras de cabello. El orden decreciente de las concentraciones fue el siguiente: Fe>Zn>Mn>Cu>Se. La concentración promedio de hierro fue  $190,37 \pm 134,41$  µg/g; cinc  $107,37 \pm 68,78$  µg/g; manganeso  $25,33 \pm 14,21$  µg/g; cobre  $6,79 \pm 4,19$  µg/g y selenio  $3,19 \pm 4,34$  µg/g. La detectabilidad para Fe y Zn en cabello fue 100%; Cu 82,5%; Se 87,5% y Mn 97,5%. No hubo diferencias estadísticas en el contenido de minerales entre los géneros.

Característica	Masculino (n=16)	Femenino (n=24)	Todos (n=40)	p
Edad (años)*	5,88 ± 3,30	6,79 ± 3,01	6,43 ± 3,12	ns
Peso (kg)**	17,34 ± 8,43	19,52 ± 7,14	18,65 ± 7,65	ns
Talla (cm)**	101,13 ± 22,92	107,38 ± 16,91	104,88 ± 19,51	ns

**Tabla 1.** Características generales de los niños Barí

\*Diferencias entre géneros, prueba t-student. \*\*Diferencias entre géneros, prueba Mann-Whitney. p: significancia. ns: no significativo.

**Table 1.** General characteristics of Barí children

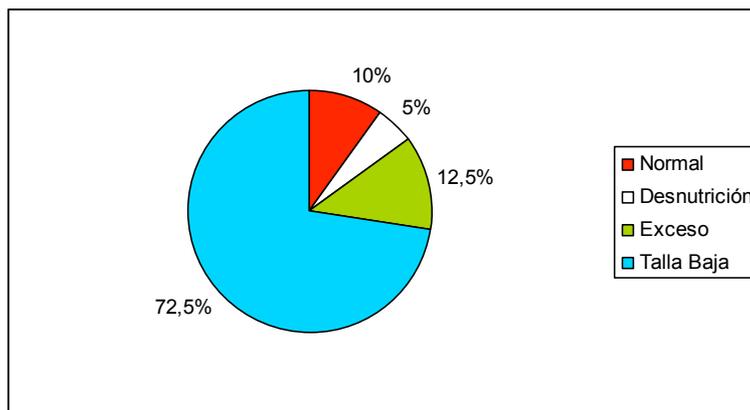
Elemento	Masculino	Femenino	Todos	p
Zn*	80,19 ± 17,68	125,49 ± 83,44	107,40 ± 68,78	ns
Cu*	5,89 ± 4,10	7,25 ± 4,25	6,79 ± 4,19	ns
Fe*	199,40 ± 128,69	184,35 ± 140,50	190,37 ± 134,41	ns
Mn**	23,11 ± 13,36	26,72 ± 14,82	25,33 ± 14,21	ns
Se*	4,54 ± 6,29	2,39 ± 2,48	3,19 ± 4,34	ns

**Tabla 2.** Contenido de elementos traza esenciales (µg/g) en cabello de niños Barí.

\*Diferencias entre géneros, prueba Mann-Whitney. \*\*Diferencias entre géneros, prueba t-student. p: significancia. ns: no significativo.

**Table 2.** Essential trace elements contents (µg/g) in hair of Barí children.

La Figura 1 muestra la distribución porcentual del diagnóstico antropométrico, se observó que un 10% (n=4) de los niños tiene un estado nutricional normal; 5% (n=2) se encuentra en desnutrición; 12,5% (n=5) con exceso de peso y 72,5% (n=29) presenta talla baja.



**Figura 1.** Estado nutricional antropométrico de los niños Barí.

**Figure 1.** Anthropometric nutritional status of Barí children.

En la Tabla 3 aparece el contenido de minerales en cabello de los niños Barí, agrupados según el diagnóstico nutricional antropométrico. El selenio varió significativamente, los niveles más bajos fueron detectados en cabello de niños con exceso de peso (p<0,05).

Elemento	Estado Nutricional				p
	Normal	Desnutrición	Exceso	Talla baja	
Zn*	117,93±74,20	81,56±26,80	115,37±40,10	106,31±75,28	ns
Cu*	7,41±2,25	10,79±9,69	4,80±2,49	6,77±4,22	ns
Fe*	135,68±37,62	212,99±107,62	165,49±93,93	200,64±150,51	ns
Mn**	21,58±12,47	28,95±8,78	34,25±20,80	24,01±13,42	ns
Se*	0,87±0,45	3,70±1,50	0,72±0,83	3,91±4,90	0,027

**Tabla 3.** Contenido de elementos traza esenciales (µg/g) distribuido por estado nutricional

\*Diferencias entre los diagnósticos con la prueba Prueba de Kruskal-Wallis. \*\*Diferencias con la prueba ANOVA. p: significancia. ns: no significativo.

**Table 3.** Essential trace elements contents (µg/g) according to nutritional status.

El análisis de correlación de Spearman se presenta en la Tabla 4, mostrando una correlación significativa entre la concentración de selenio en cabello y el estado nutricional antropométrico de los niños Barí (p<0,05).

Variables	r	p
Zn cabello-estado nutricional	-0,128	ns
Cu cabello-estado nutricional	-0,098	ns
Fe cabello-estado nutricional	0,018	ns
Mn cabello-estado nutricional	-0,099	ns
Se cabello-estado nutricional	0,368*	0,029

**Tabla 4.** Correlación entre el contenido de minerales en cabello y estado nutricional

r = Coeficiente de correlación de Spearman. ns= no es significativo.

\*La correlación es significativa al nivel  $p < 0,05$  (bilateral).

**Table 4.** Correlation between mineral content of hair and nutritional status

## Discusión

En el presente estudio, el contenido de cinc en cabello de niños Barí (107,37  $\mu\text{g/g}$ ) fue inferior al promedio de 172,08  $\mu\text{g/g}$  reportado por Benson (2011) y 149,86  $\mu\text{g/g}$  en el estudio de Blaurock-Busch *et al.* (2011) en cabello de niños sanos. Las anteriores comparaciones permiten inferir que pudiera existir una deficiencia o baja disponibilidad de Zn en la población infantil Barí de Kumanda. Similar hallazgo fue descrito por Maury *et al.* (2010) para este grupo indígena en la misma localidad, al evaluar los niveles plasmáticos y el consumo dietético de Zn. Este elemento se encuentra ampliamente distribuido por todo el organismo, hay un alto contenido en el músculo, huesos, piel, cabello, hígado y sistema nervioso central (Pompo *et al.*, 2001). El Zn fomenta el crecimiento y desarrollo normales; se encuentra en la estructura molecular de numerosas enzimas que intervienen en procesos biológicos vitales, participando en mecanismos que permiten el transporte en los glóbulos rojos del dióxido de carbono desde los tejidos a los pulmones, contribuyendo también a mantener la eficacia del sistema inmune, las defensas antioxidantes y la replicación de los genes (Mahan y Escott, 1998). Por lo tanto, la deficiencia de cinc podría ser responsable de efectos adversos severos sobre el crecimiento infantil, lesiones cutáneas, retardo en la cicatrización y alteraciones inmunitarias (Gibson *et al.*, 2008).

En cuanto al contenido de cobre, el valor promedio en cabello de niños Barí (6,79  $\mu\text{g/g}$ ) fue más bajo que el documentado por Ali *et al.* (1997) y Gürgöze *et al.* (2006). Para este elemento traza, se ha reportado un rango de referencia de 6,70-37,00  $\mu\text{g/g}$  en un grupo de niños sanos (Blaurock-Busch *et al.* 2011). Esto permite suponer que en la población infantil Barí de Kumanda hay una probable deficiencia de Cu, similar a los hallazgos de Maury *et al.* (2010) en el estudio de sus niveles plasmáticos, quienes también describieron una ingesta dietética muy deficiente en cobre. El Cu es importante para la formación de la hemoglobina, y es fundamental para el desarrollo y mantenimiento de huesos, tendones, tejido conectivo y el sistema vascular. Este mineral es necesario en la síntesis de tejido conectivo, por lo que en conjunto con otros minerales esenciales como el calcio, son vitales para la formación y mantenimiento de los huesos (Mahan y Escott, 1998).

Por otra parte, el análisis de hierro en las muestras de cabello de los niños Barí evidenció una concentración promedio más alta (190,37  $\mu\text{g/g}$ ) en comparación con el contenido de 78,9  $\mu\text{g/g}$  reportado en población infantil de Sudáfrica (Benson, 2011). La literatura muestra valores de concentración muy amplios para el hierro, Ali *et al.* (1997) en un estudio realizado con niños de Bangladesh mostraron valores de Fe desde 63  $\mu\text{g/g}$  hasta 377  $\mu\text{g/g}$ , con un promedio de 312  $\mu\text{g/g}$ . Sin embargo, la mayoría de los reportes citados muestran cifras menores a 80  $\mu\text{g/g}$ , por lo que se podría inferir que exista un foco de exposición al hierro en esta comunidad Barí de Kumanda. Contrariamente a lo detectado en el presente estudio, Maury *et al.* (2010) reportaron deficiencia de hierro en la población infantil Barí de la misma localidad, según la valoración de los niveles plasmáticos e ingesta dietética. El cuerpo humano necesita el hierro para producir hemoglobina, molécula con un papel protagónico en el transporte de oxígeno, además es un importante componente de numerosas enzimas y otras proteínas esenciales para el funcionamiento adecuado de las células cerebrales, musculares y del sistema inmunológico (Yip, 1994). Sin embargo, el significado de los altos valores de hierro en cabello de los niños Barí evaluados en el presente estudio amerita una investigación más exhaustiva. En este orden de ideas, López y Hernández (2004), manifestaron que las diferentes comunidades Barí que residen en la Sierra de Perijá se

encuentran expuestas a problemas de salud pública debido a la explotación minera que ocurre en la región desde el año 1996. De acuerdo a estos investigadores, este tipo de actividades industriales podría estar contaminando las fuentes de agua utilizadas por las poblaciones nativas.

En cuanto al contenido de manganeso, este elemento se detectó en mayor concentración en cabello de los niños Barí (25,33  $\mu\text{g/g}$ ), si se compara con el valor promedio de 11,09  $\mu\text{g/g}$  descrito en niños de una región rural de Pakistán (Tasneem *et al.*, 2009). El Mn es un elemento cuya fuente nutricional principal está en el reino vegetal. Este último aspecto resulta de interés, tomando en cuenta que en la comunidad Barí de Kumanda se observó el hábito muy frecuente entre los niños de masticar hojas de árboles. Esto pudiera ocasionar una mayor absorción de Mn, lo que explicaría su alta concentración en cabello. El manganeso es un constituyente de varias enzimas y activador de otras muchas, pero no existe evidencia por lo que respecta a los humanos de que una alteración en su metabolismo tenga repercusión sobre el crecimiento (Castillo-Durán y Cassorla, 1999).

El selenio también fue detectado en mayor concentración en las muestras de cabello de niños Barí (3,19  $\mu\text{g/g}$ ) que la observada por Blaurock-Busch *et al.* (2011), quienes reportaron un rango de referencia para Se de 0,20-3,00  $\mu\text{g/g}$ . Estas diferencias se explican al considerar que Venezuela, al igual que otros países Latinoamericanos como Colombia y México, es una región con altas concentraciones de selenio en los suelos. Las investigaciones realizadas por Werner (1992) demostraron que los niveles más altos de selenio en suero y orina han sido reportados para Venezuela. No existen datos que relacionen la deficiencia de selenio con afectación de crecimiento, sin embargo, puede condicionarlo de una forma indirecta, ya que este mineral participa en el metabolismo de las hormonas tiroideas. El selenio constituye un componente esencial de muchas selenoproteínas que regulan la síntesis de las hormonas tiroideas, preservan la integridad de la glándula tiroidea en condiciones de acusado estrés oxidativo y controlan el metabolismo de la hormona a nivel de los tejidos no tiroideos (Arthur y Beckett, 1999).

Con respecto a la evaluación antropométrica, se observó que un 90% de niños Barí evaluados presentaron malnutrición, distribuidos en un 5% con desnutrición, 12,5% con exceso de peso y 72,5% con talla baja. Este último hallazgo es muy importante, en este sentido se ha establecido que debido a los problemas de alimentación, posiblemente se esté generando en grupos indígenas venezolanos una disminución de la velocidad de crecimiento, con subsiguiente riesgo de talla baja como mecanismo de compensación (homeorresis) al bajo aporte calórico de la dieta (Villarobos *et al.*, 2012). Es bien conocido además que la prevalencia de desnutrición infantil es elevada en zonas de bajos recursos socio-económicos de ciudades como Valencia (Solano *et al.*, 2005) y en niños del grupo indígena Warao del Amazonas venezolano (Chumpitaz *et al.*, 2006).

Al asociar el diagnóstico nutricional con el contenido de elementos minerales en cabello de los niños Barí, sólo se observaron variaciones significativas en el selenio, una mayor concentración de este mineral fue detectada en cabello de niños con desnutrición y talla baja, en comparación con los grupos de niños eutróficos y con exceso de peso. Asimismo, se encontró una correlación significativa entre selenio en cabello y el estado nutricional. La importancia de estos hallazgos amerita otros estudios. Como se discutió anteriormente, el selenio no participa activamente en el proceso de crecimiento y desarrollo de los niños, pero pudiera condicionarlo indirectamente dado su requerimiento en el metabolismo de las hormonas tiroideas. Además, este elemento cumple un papel importante en la respuesta inmune humoral, celular y como cofactor de algunas enzimas antioxidantes (Werner, 1992). Contrario a los hallazgos en el grupo Barí evaluado en el presente estudio, el contenido de otros elementos esenciales como el cinc, cobre y el hierro en cabello ha sido asociado con el estado nutricional de niños (Weber *et al.*, 1990). Este tipo de asociaciones han sido descritas en otros tejidos que representan una matriz de eliminación, tales como las uñas, siempre y cuando el status corporal de estos minerales esenciales se encuentren en concentraciones normales (Villaruel *et al.*, 2008).

Nuestros resultados sugieren que un importante número de los niños indígenas Barí en la población de Kumanda tienen malnutrición. El contenido de hierro, manganeso y selenio en cabello se encontró por encima de lo informado en investigaciones similares, mientras que el cinc y cobre fue más bajo. Sólo se encontró una correlación significativa entre el selenio en cabello y el estado nutricional de estos niños. Estos hallazgos pueden servir de base para futuras

investigaciones donde se exploren exhaustivamente las posibles fuentes de los elementos analizados y su relación con el estado de salud de la población infantil en estudio.

### Referencias Bibliográficas

- Ali, M., Khan, M., Wahiduzzaman, M. y Malek, P. 1997. Trace element concentration in hair of Bangladesh children under normal and malnutrition conditions. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2191, 81-87.
- Arthur, J.R. y Beckett, G.J. 1999. Thyroid function. *British Medical Bulletin*, 55, 658-668.
- Aydin, F., Yavuz, O., Ziyadanogullari, B. y Ziyadanogullari, R. 1997. Recovery of copper, cobalt, nickel, cadmium, zinc and bismuth from electrolytic copper solution. *Turkish Journal of Chemistry*, 22, 149-154.
- Barbieri, F.L., Cournil, A., Souza Sarkis, J.E., Bénéfice, E. y Gardon, J. 2011. Hair trace elements concentration to describe polymetallic mining waste exposure in Bolivian Altiplano. *Biological Trace Element Research*, 139(1), 10-23.
- Bello, S., Rodríguez, M., Fernández, D., Vásquez, A., Ocando, A., Contreras, J. y Granadillo, V. 2002. Niveles de mercurio en cabello de individuos expuestos ocupacionalmente en el área odontológica. *Acta Odontológica Venezolana*, 40(2), 123-128.
- Bengoa, M. 2006. Panorama mundial de la desnutrición en el siglo XX. Sociedad Latinoamericana de Nutrición-Capítulo Venezolano. Caracas.
- Benson, O. 2011. Trace element indices in hair and saliva of school children. *Journal of Applied Sciences Research*, 1(3), 169-177.
- Berné, P. y Marcano, N. 2012. Zinc sérico en menores de 15 años de una comunidad rural del estado Lara. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 21(2), 77-85.
- Blaurock-Busch, E., Amin, O. R. y Rabah, T. 2011. Heavy metals and trace elements in hair and urine of a sample of Arab children with autistic spectrum disorder. *Maedica*, 6(4), 247-257.
- Castillo-Durán, C. y Cassorla, F. 1999. Trace minerals in human growth and development. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 12: 589-601.
- Chumpitaz, D., Russo, A. y Del-Nogal, B. 2006. Evaluación nutricional de la población infantil Warao en la comunidad de Yakariyene, estado Delta Amacuro. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 25(1), 26-31.
- Dongarrà G., Varrica, D., Tamburo, E. y D'Andrea, D. 2012. Trace elements in scalp hair of children living in differing environmental contexts in Sicily (Italy). *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 34(2), 160-169.
- Folin, M., Contiero, E. y Vaselli, G.M. 1991. Trace element determination in humas. The use of blood and hair. *Biological Trace Element Research*, 21, 147-158.
- Fuentes D. y Jiménez Y. 2012. Pueblos indígenas venezolanos y su relación con el ambiente. *CONHISREMI, Revista Universitaria de Investigación y Diálogo Académico*, 8(1), 26-51.
- García-Casal M. 2005. La deficiencia de hierro como problema de Salud Pública. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 18, 45-48.
- Gibson, R.S., Hess, S.Y., Hotz, C. y Brown, K.H. 2008. Indicators of zinc status at the population level: a review of the evidence. *British Journal of Nutrition*, 99(3), 14-23.
- Gürgöze, M.K., Ölçücü, A., Aygün, A.D., Taşkin, E. y Kiliç, M. 2006. Serum and hair levels of zinc, selenium, iron, and copper in children with iron-deficiency anemia. *Biological Trace Element Research*, 2, 745-751.
- Jiménez, C. y Marín, M. 1990. Aspectos nutricionales y toxicológicos de algunos elementos minerales: cobre, hierro, magnesio y zinc. *Medicina Clínica*, 94, 215-217.
- Larios-Osorio, V. 1999. Teoría del muestreo. Recuperado el 21 de enero de 2013, del sitio Web de la Universidad Autónoma de Querétaro, México: <http://www.uaq.mx/matematicas/estadisticas/xu5.html>.
- López, M., Hernández, M., Landaeta, M. y Henríquez G. 1993. Crecimiento y nutrición en la región latinoamericana. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 6, 47-90.
- López-Sánchez, R. y Hernández-Rodríguez, C. 2004. Realidad actual de los pueblos indígenas de Venezuela: Los Barí y los Yukpa y el conflicto con las empresas petroleras y carboníferas. *UNICA*, 5(10), 122-144.

- Mahan, L.K. y Escott, S.S. 1998. *Nutrición y Dietoterapia de Krause*. (9<sup>a</sup> ed.). México: Mc Graw Hill.
- Manzini, J. L. 2000. Declaración de Helsinki: principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta Bioethica*, 6(2), 321-334.
- Maury, E., Mattei, A., Perozo, K., Bravo, A., Martínez, E. y Vizcarra, M. 2010. Niveles plasmáticos de hierro, cobre y zinc en escolares Barí. *Pediatría (Asunción)*, 37(2), 112-117.
- Méndez-Castellano, H. 1996. *Estudio Nacional de Crecimiento y Desarrollo Humanos de la República de Venezuela*. Ministerio de la Secretaría. Caracas: Fundacredesa.
- Morton, J., Vikki, C. y Philip, G. 2005. Removal of exogenously bound elements from human hair by various washing procedures and determination by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 455, 23-24.
- Nnorom, I., Igwe, J. y Ejimone J. 2005. Multielement analysis of scalp hair samples from three distant towns in southeastern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 4(10), 1124-1127.
- O'Donnell, A. y Carmuega, E. 1998. *La transición epidemiológica y la situación nutricional de nuestros niños*. Buenos Aires, Argentina: Boletín CESNI.
- Perera, M. 2008. *Los Aborígenes de Venezuela (Vol. 2)* Caracas: Fundación la Salle de Ciencias Naturales/ Instituto Caribe de Antropología y Sociología/ Ediciones IVIC/ Monte Ávila Editores C.A.
- Pombo, M., Castro, L. y J. Barreiro. 2001. El crecimiento, el desarrollo y los elementos traza. *Anales Españoles de Pediatría*, 54(1), 63-71.
- Portillo, C., Solano, L. y Fajardo, Z. 2004. Riesgo de deficiencia de macro y micronutrientes en preescolares de una zona marginal. *Investigación Clínica*, 45(1), 17-28.
- Rodríguez, D., Papale, J., Dellen, G., Torres, M., Berné, Y., Mendoza, N., Moreno, J., Salazar, J. y Cardinale-Randazzo, N. 2004. Deficiencia de zinc y cobre en menores de 15 años en una población rural de Venezuela. *Boletín Médico de Postgrado*, 10(2), 210-217.
- Rodríguez, E., Bermejo, L., López, M. y Ortega, M. 2011. Una ingesta inadecuada de manganeso podría contribuir a la aparición de resistencia de insulina en niñas. *Nutrición Hospitalaria*, 26(5), 965-970.
- Rodushkin, I. y Axelsson, M.D. 2000. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielement characterization of human hair and nails. Part I Analytical methodology. *Science of the Total Environment*, 250, 83-100.
- Rojas, M., Nakamura, K., Seijas, D., Squillante, G., Pieters, M.A. e Infante, S. 2007. Mercury in hair as a biomarker of exposure in a coastal Venezuelan population. *Investigación Clínica*, 48(3), 305-315.
- Sakai, T., Wariishi, M. y Nishiyama, K. 2000. Changes in trace element concentrations in hair of growing children. *Biological Trace Element Research*, 77(1), 43-51.
- Solano, L., Barón, M., Del Real, S. 2005. Situación nutricional de los preescolares y escolares y adolescentes de Valencia, Carabobo, Venezuela. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 18, 72-78.
- Solano, L., Barón, M., Sánchez, A. y Páez, M. 2008. Anemia y deficiencia de hierro en niños menores de cuatro años de una localidad en Valencia". *Anales Venezolanos de Nutrición*, 21(2), 63-69.
- SPSS Inc. 2011. *IBM SPSS Statistics 20.0. Statistical Package for the Social Sciences*. Chicago.
- Tasneem, G., Hassan, A., Naveed, K., Mohammad, J., Mohammad, A., Nussarat, A. y Ghulam, J. 2009. Copper, chromium, manganese, iron, nickel, and zinc levels in biological samples of diabetes mellitus patients. *Biological Trace Element Research*, 122, 1-18.
- Villalobos-Colina, D., Marrufo-Torres, L. y Bravo-Henríquez, A. 2012. Situación nutricional y patrones alimentarios de niños indígenas en edad escolar de la etnia Wayuú. *Antropo*, 28, 87-95.
- Villarroel, J., Paredes, D., Alarcón, M., Carrero, P., Villarroel, A., Rodríguez, L.C., Alfonzo, R. y Paredes, C. 2008. Niveles de elementos traza en uñas de neonatos; relación con el peso y el estrato socioeconómico. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*, 6(3), 20-24.
- Weber, C.W., Nelson, G.W., Vasquez de Vaquera, M. y Pearson, P.B. 1990. Trace elements in the hair of healthy and malnourished children. *Journal of Tropical Pediatrics*, 36, 230-234.

- Werner, J. 1992. Selenio, un elemento esencial y tóxico. Datos de Latinoamérica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 42(2), 90-93.
- Yip R. 1994. Iron deficiency: contemporary scientific issues and international programmatic approaches. *American Journal of Clinical Nutrition*, 124(1), 1479S-1490S.