

## Algunas consideraciones sobre el impacto de la desnutrición en el desarrollo cerebral, inteligencia y rendimiento escolar

*Boris Leiva Plaza, Nelida Inzunza Brito, Hernán Pérez Torrejón, Veronica Castro Gloor, Joan Manuel Jansana Medina, Triana Toro Díaz, Atilio Almagiá Flores, Arturo Navarro Díaz, María Soledad Urrutia Cáceres, Jorge Cervilla Oltremari, Daniza Ivanovic Marincovich*

Universidad de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA). Santiago, Chile

**RESUMEN.** Diversos estudios confirman que la desnutrición en los primeros años de vida afecta el crecimiento del cerebro y el desarrollo intelectual. Un alto porcentaje de los escolares que obtienen muy bajo rendimiento escolar presentan circunferencia craneana subóptima (indicador antropométrico de la historia nutricional y del desarrollo cerebral) y también, menor volumen encefálico. Por otra parte, se ha constatado una correlación directa y significativa entre el coeficiente intelectual, medido mediante tests de inteligencia (Weschler-R, o el Test de Matrices Progresivas de Raven) y el tamaño cerebral de los alumnos medido a través de resonancia magnética por imágenes (RMI); de la misma forma, se ha verificado que la inteligencia es uno de los parámetros que mejor predice el rendimiento escolar. Considerando que la educación es la palanca de cambio mediante la cual se mejora la calidad de vida de los pueblos y, que en términos absolutos el número de desnutridos ha aumentado en el mundo, es de la más alta relevancia para la educación analizar los efectos a largo plazo de la desnutrición acaecida a edad temprana. Las investigaciones relativas a determinar las interrelaciones entre estado nutricional, desarrollo cerebral, inteligencia y rendimiento escolar son fundamentales de llevar a cabo, especialmente en la edad escolar, ya que los problemas nutricionales afectan especialmente a los estratos socioeconómicos más deprivados de nuestra sociedad, con consecuencias negativas para el desarrollo económico; en la edad escolar, esto se traduce en altos índices de deserción escolar, problemas de aprendizaje y bajo ingreso a la educación superior. Esto limita el desarrollo de los pueblos, por lo cual un claro beneficio económico se lograría incrementando la productividad del adulto, a través de políticas gubernamentales exitosas que prevengan la desnutrición infantil.  
**Palabras clave:** Desnutrición, factores socioeconómicos, circunferencia craneana, cerebro, inteligencia, educación.

### INTRODUCCION

Históricamente en Chile, el sistema educacional ha mostrado altas tasas de deserción y repitencia, no cumpliéndose los objetivos del sector educacional. Aunque las cifras de egreso en los ciclos básico y medio han mejorado significativamente en relación al ingreso, aún están lejos del óptimo al que aspiran los países desarrollados (1,2). En cuanto

**SUMMARY.** Some considerations related to the impact of undernutrition on brain development, intelligence and scholastic achievement. The findings from several authors confirm that undernutrition at an early age affects brain growth and intellectual quotient. Most part of students with the lowest scholastic achievement scores present suboptimal head circumference (anthropometric indicator of past nutrition and brain development) and brain size. On the other hand, intellectual quotient measured through intelligence tests (Weschler-R, or the Raven Progressives Matrices Test) has been described positively and significantly correlated with brain size measured by magnetic resonance imaging (MRI); in this respect, intellectual ability has been recognized as one of the best predictors of scholastic achievement. Considering that education is the change lever for the improvement of the quality of life and that the absolute numbers of undernourished children have been increasing in the world, is of major relevance to analyse the long-term effects of undernutrition at an early age. The investigations related to the interrelationships between nutritional status, brain development, intelligence and scholastic achievement are of greatest importance, since nutritional problems affect the lowest socioeconomic stratum with negative consequences manifested in school-age, in higher levels of school dropout, learning problems and a low percentage of students enrolling into higher education. This limits the development of people by which a clear economic benefit to increase adult productivity for government policies might be successful preventing childhood malnutrition.

**Key words:** Undernutrition, socio-economic factors, head, brain, intelligence, education.

a esta problemática, se han realizado diversas investigaciones centradas, en su mayoría, en analizar el impacto de los aspectos socioeconómicos y socioculturales sobre el proceso enseñanza-aprendizaje, observándose escasa información en lo que respecta al impacto que sobre él ejercen, la situación alimentaria y nutricional del educando, su desarrollo cerebral y su inteligencia (3,4).

El rendimiento escolar se encuentra determinado por

factores propios del educando, familiares, del sistema educacional y de la sociedad en general (4). En síntesis, el proceso educativo es de naturaleza multicausal y multifactorial (1). Si bien existen variadas investigaciones sobre los determinantes socioeconómicos del proceso enseñanza-aprendizaje, como se señaló anteriormente, se observa una escasez de información referente a los efectos de la nutrición y la salud, en el rendimiento escolar; esta situación ocurre tanto en Chile como en otros países; más aún, los factores socioeconómicos y socioculturales son codeterminantes, tanto del estado nutricional, como del proceso enseñanza-aprendizaje (5,6).

La desnutrición en los primeros años de vida podría afectar el crecimiento del individuo, pero es posible lograr posteriormente, una mejoría en la adecuación de la talla, a través de una buena alimentación, ya que el niño continúa creciendo hasta los 18 años. Hay, sin embargo, una notable excepción que es el cerebro y, en general, todo el sistema nervioso. Stoch y Smythe, fueron los primeros en formular la hipótesis relativa a que la desnutrición durante los primeros dos años de vida, podría inhibir el crecimiento del cerebro y esto produciría una reducción permanente de su tamaño y un bajo desarrollo intelectual; los primeros dos años de vida no sólo corresponden al período de máximo crecimiento del cerebro, sino que al final del primer año de vida, se alcanza el 70% del peso del cerebro adulto, constituyendo también, casi el período total de crecimiento de este órgano (7-11). Al respecto, estudios efectuados con relación al desarrollo cerebral mediante autopsias de niños muertos inesperadamente, encontraron que la cantidad de sinapsis en una capa de la corteza visual, se eleva desde alrededor de 2.500 por neurona al nacimiento hasta 18.000 alrededor de los seis meses de vida (12). No obstante, en autopsias de niños que han fallecido de desnutrición severa, se ha verificado que presentaban menor peso cerebral, menor concentración de proteínas, menor contenido de ADN y ARN, al mismo tiempo que una menor circunferencia craneana, al compararlos con niños normales fallecidos por causas accidentales; en otro contexto, la malnutrición acaecida a edad temprana reduce la tasa de división celular en el cerebro, reduciendo la mielinización, observándose una estrecha correlación entre la circunferencia craneana y el crecimiento cerebral (13-15). Más aún, se ha descrito que la malnutrición provocaría una disminución de la capacidad intelectual, en donde las condiciones nutricionales y ambientales son inseparables (13-15). La malnutrición afectaría no sólo el período de crecimiento cerebral, sino que también afecta los tempranos procesos organizacionales, tales como neurogénesis, migración celular y diferenciación (16). Al respecto, otros estudios señalan que cambios en el ambiente del vientre materno, ya sea producidos por mala alimentación de la madre, abuso de drogas o una infección viral, pueden

alterar la línea de migración neuronal. Ciertas formas de epilepsia, retraso mental y esquizofrenia parecen ser el resultado de alteraciones en este proceso de desarrollo (12).

Expertos en desarrollo infantil afirman que existe una necesidad urgente de que los programas preescolares sean diseñados de manera de impulsar la capacidad cerebral del niño "Existe un calendario en el desarrollo del cerebro y el año más importante es el primero; en los primeros años un niño que haya sido descuidado o maltratado lleva la marca de ello, sino indeleble, por lo menos extremadamente difícil de borrar" (12).

Es interesante destacar la importancia de los factores de riesgo, biológicos y sociales sobre el desarrollo infantil; bajo peso de nacimiento, malnutrición, bajo nivel educacional y/o problemas psiquiátricos de los padres, son algunos de los factores de riesgo que se relacionan con el desarrollo psicológico infantil. Tales factores de riesgo no ocurren en forma aislada; a medida que se combina un mayor número de ellos aumenta la probabilidad de un menor rendimiento cognitivo.

#### **Efectos a largo plazo de la desnutrición severa acaecida en el primer año de vida, en el desarrollo cerebral, CI y rendimiento escolar**

Debe señalarse que el concepto de inteligencia humana excede indudablemente aquello que es medido por los tests de inteligencia; no obstante, el concepto de inteligencia o de CI que se maneja en el presente artículo refleja lo que la mayoría de los estudios citados, definen operacionalmente como inteligencia, es decir, el rendimiento en tests que miden el coeficiente intelectual o similares.

Estudios recientes efectuados en escolares Chilenos pobres que egresaban de enseñanza media, han cuantificado el impacto de la desnutrición severa acaecida durante el primer año de vida, en el desarrollo cerebral medido por resonancia magnética por imágenes (RMI), en el coeficiente intelectual (CI) medido por el test de Weschler-R, el cual correlacionó alta y significativamente con el Test de Matrices Progresivas de Raven validado para la población Chilena ( $r=0.91$   $p<0.0001$ ) (17) y en el rendimiento escolar, determinado a través de una batería de pruebas de castellano y matemáticas, las cuales fueron sometidas a adecuadas pruebas estadísticas para su confiabilidad y validez (18). El propósito fue determinar los efectos a largo plazo de la desnutrición acaecida a edad temprana, en escolares cuyo promedio de edad era de  $18.3 \pm 0.9$  años y en donde los procesos de crecimiento y desarrollo físico y mental están ya consolidados. De esta forma se efectuó un estudio comparativo entre dos grupos de escolares pobres que egresaban de enseñanza media: con y sin desnutrición en el primer año de vida. Los escolares seleccionados en la muestra para efectuárseles el examen de RMI y así poder determinar

el desarrollo cerebral, eran niños sanos, que escribían con la mano derecha, sin antecedentes de claustrofobia, alcoholismo, pérdida del conocimiento, daño cerebral, epilepsia, o enfermedad cardíaca, además de alcoholismo o tabaquismo en la madre durante el embarazo y colestasia. Para conocer estos aspectos, se efectuó una entrevista a los padres. Con relación al componente genético, los escolares seleccionados en la muestra eran niños chilenos, de raza blanca, la cual tiene una proporción de mezcla europea y aborígen, producida desde el inicio de la colonización hispánica. Los resultados mostraron que los escolares que sufrieron de desnutrición presentaron un volumen encefálico de aproximadamente 200cc y 100cc menor, en comparación con el de los escolares no desnutridos, tanto en el sexo masculino, como femenino, respectivamente. La circunferencia craneana fue el único parámetro antropométrico, indicador de la historia nutricional y del desarrollo cerebral que presentó diferencias significativas entre ambos grupos. De esta forma, los escolares desnutridos presentaron un puntaje Z de circunferencia craneana de más de una desviación estándar más baja, que la de aquéllos que no sufrieron de desnutrición. Por otra parte, el CI de los escolares desnutridos era de 25 puntos más bajo y su rendimiento escolar equivalente a la tercera parte, del que presentaron los escolares no desnutridos. En este sentido, la utilización del Test de Weschler-R o del Test de Matrices Progresivas de Raven son igualmente recomendados. Con relación al rendimiento en la prueba de aptitud académica (PAA), requisito indispensable para el ingreso a la educación superior, los escolares que sufrieron de desnutrición obtuvieron un puntaje significativamente menor (379 puntos), en comparación con el que registraron los escolares no desnutridos (589 puntos); los puntajes inferiores a 450 puntos inhabilitan al estudiante para postular a la educación superior (18).

Con relación a lo anteriormente expuesto, el nivel de escolaridad de la madre, el volumen encefálico y la desnutrición acaecida durante el primer año de vida han sido descritos como las variables independientes que mayormente contribuyen a explicar la varianza del CI del niño ( $r^2= 0.714$ ), a la vez que es el CI quien explica mayormente el rendimiento escolar ( $r^2= 0.869$ ); de igual forma, el puntaje obtenido en la PAA aparece fundamentalmente explicado por el CI del niño, la longitud del cuerpo calloso, el diámetro anteroposterior del cerebro y el nivel de escolaridad de la madre ( $r^2= 0.949$ ) (18). Estos resultados ponen de manifiesto el negativo impacto que ejerce la desnutrición acaecida a edad temprana, en el desarrollo del cerebro, en el CI y en el rendimiento escolar. La desnutrición severa en el primer año de vida correlacionó positiva y significativamente con el nivel de escolaridad de la madre, CI del escolar, rendimiento escolar, nivel socioeconómico, puntaje en la PAA, peso de nacimiento, circunferencia craneana y volumen encefálico (18). La más

alta correlación se encontró con el nivel de escolaridad de la madre, el cual ha sido descrito como uno de los más poderosos predictores del CI del niño (18-20); así, en madres de relativo bajo CI, la educación puede tener un gran impacto en la salud del niño (21,22). En otra dimensión, la desnutrición afecta el crecimiento y desarrollo de los niños, especialmente cuando existen condiciones de extrema pobreza y se la ha asociado con retardo en el crecimiento y desarrollo del cerebro que persiste en la edad adulta (7-11,13-15,18,23-29,45).

En referencia al desarrollo cerebral, se ha descrito en estudios efectuados en ratas, que el cuerpo calloso es la mayor área de fibras que conecta los hemisferios cerebrales en los mamíferos placentados y a la vez, es bien conocido que la restricción nutricional durante la gestación de la rata, afecta el crecimiento del cuerpo calloso, alterando la asimetría cerebral, las respuestas de la corteza cerebral, al mismo tiempo que el peso del cerebro disminuiría significativamente, en comparación con ratas normales (30,31); si bien la reducción del cuerpo calloso debido a malnutrición estaría clara, la correlación entre el desarrollo del cuerpo calloso y la alteración de la lateralización, no lo estaría (32). Por otra parte, ratas macho que han experimentado estimulación manual en períodos tempranos de su vida, tienen grandes cuerpos callosos y muestran altas conductas posturales y motoras en relación con animales que no tuvieron estimulación manual (33). En experimentos realizados en ratas con el objetivo de evaluar como la malnutrición prenatal podría alterar las funciones normales del cuerpo calloso en las conexiones interhemisféricas de la corteza visual, se verificó una reducción de los peck de amplitud y extensión del campo de proyección de las respuestas producidas por el cuerpo calloso y supresión de la normal asimetría entre los hemisferios cerebrales de la evocación de las respuestas visuales (33).

En concordancia con estos hallazgos y tal como señalamos anteriormente, parecería ser que la desnutrición precoz provoca alteraciones morfológicas y metabólicas en estructuras cerebrales que cumplen un rol fundamental en funciones cerebrales superiores (13-15). Por otra parte, estos estudios han constatado que los niños que sufrieron de desnutrición durante el primer año de vida, presentan una reducción de su volumen intracraneal de alrededor de un 13.7% en comparación con niños normales (13-15). Más aún, otros hallazgos revelan que la desnutrición postnatal afectaría el crecimiento de las células piramidales, especialmente la formación de dendritas basales (34).

Los primeros modelos de malnutrición consideraban deficiencias cognitivas sólo como resultado de daño cerebral. Actualmente, se ha señalado que la malnutrición altera el desarrollo intelectual por interferencia con salud, niveles de energía, tasas de desarrollo motor y crecimiento; en suma,

el bajo nivel económico puede exacerbar todos estos factores ya que se pone especial énfasis no sólo en los efectos de la desnutrición acaecida a edad temprana sobre la problemática planteada, sino en el impacto de la malnutrición crónica que afecta a un porcentaje importante de los niños pertenecientes a los sectores más deprivados de nuestra sociedad (35). En este sentido, diversos estudios ha enfatizado que los factores ambientales favorables podrían contribuir a aminorar los efectos de la desnutrición temprana en el CI, en el rendimiento escolar y en el desarrollo cerebral (24,29). No obstante, los factores ambientales muchas veces son difíciles de cambiar, especialmente las condiciones socioeconómicas y socioculturales adversas para amplios sectores de los países en vías de desarrollo, las cuales muchas veces permanecen y se prolongan en el tiempo, trayendo como consecuencia, en los niños, situaciones de malnutrición crónica que se prolongan en el tiempo. De allí es que los efectos a largo plazo de la desnutrición se traducirían en menor desarrollo cerebral, circunferencia craneana, CI y rendimiento escolar, variables estrechamente interrelacionadas. Sin embargo, se necesitaría mayor investigación al respecto, para establecer si las interrelaciones que se producen son directamente del tipo causa-efecto, debido a que se establecen complejas interacciones entre las variables estudiadas, las cuales se ven profundamente afectadas por los factores del ambiente.

#### **Interrelaciones entre circunferencia craneana, desarrollo cerebral e inteligencia.**

La circunferencia craneana es un indicador antropométrico, tanto de la historia nutricional, como del desarrollo cerebral y, en pediatría, es una medición de rutina, tendiente a evaluar el desarrollo cerebral (36,37). Se la ha descrito como el indicador antropométrico más sensible de alterarse, en condiciones de desnutrición acaecida en el primer año de vida, de tal forma que valores de circunferencia craneana bajo -2SD de la media podrían ser un indicador de desnutrición severa acaecida a edad temprana y, exactamente, refleja el desarrollo cerebral durante el primer año de vida (14). Se ha señalado que el retardo en el crecimiento intrauterino tiene poco impacto en la inteligencia, a no ser que vaya acompañado de serios déficits en la circunferencia craneana (38).

En Chile, la norma de los valores de circunferencia craneana de los escolares según edad no difiere significativamente de los patrones internacionales de Nellhaus, Tanner y Roche y cols, obteniéndose una correlación de 0.98 entre estos estándares, por lo que cualquier variación con relación a la norma sería, probablemente de origen ambiental y en donde el componente nutricional podría tener un importante rol (39-42).

Diversos autores han señalado que, en niños mayores, la circunferencia craneana reflejaría más propiamente que la

estatura, las deficiencias nutricionales que han ocurrido a edad temprana, siendo su medición, por lo tanto, de gran utilidad para identificar el período en que ocurrió la malnutrición temprana, en poblaciones de niños preescolares (43,44).

Considerando que el CI es uno de los principales predictores del rendimiento escolar del niño, numerosos estudios han verificado una correlación positiva y significativa entre la circunferencia craneana y el CI (18,20,27,28,45-58). Algunos de estos estudios han concluido que el tamaño de la circunferencia craneana en el primer año de vida es un buen predictor de la inteligencia en la niñez y adolescencia (46-48).

La utilización de RMI en el estudio del cerebro ha permitido el análisis de las complejas estructuras que lo conforman, desde el punto de vista morfológico y funcional. En los últimos años utilizando RMI, en escolares Chilenos se ha confirmado una elevada correlación entre circunferencia craneana y volumen encefálico (entre 0.86 y 0.72, en el sexo masculino y femenino, respectivamente) (45). Esta técnica ha permitido el estudio de las complejas interrelaciones entre CI y tamaño cerebral. Es así como se ha descrito una positiva y significativa correlación entre el tamaño cerebral y la inteligencia medida por tests psicométricos, sugiriéndose que las diferencias en el tamaño del cerebro son relevantes para explicar las diferencias en la inteligencia de los sujetos (18,45,51,53-60). En consecuencia, se puede hipotetizar que los niños que tienen circunferencia craneana subóptima tienen algún grado de alteración en el desarrollo cerebral asociado a bajo CI y bajo rendimiento escolar. Sin embargo, diversos estudios efectuados en mellizos monocigóticos o en parejas de hermanos, han reportado la ausencia de correlación entre la circunferencia craneana o los parámetros cerebrales y el CI (61,62). No obstante, estos resultados se contraponen con los obtenidos por otros investigadores en un reciente estudio efectuado en mellizos, en donde sus autores informan de una positiva y significativa correlación entre el tamaño del cerebro y el CI, resultados que también ponen en evidencia la herencia de las diferencias individuales en el tamaño del cerebro; es posible que las influencias genéticas en el tamaño cerebral particularmente contribuyan a las diferencias individuales en el CI. (58).

Las interrelaciones entre el tamaño del cerebro y la inteligencia han sido materia de gran interés, principalmente porque ya a comienzos del siglo XIX, Paul Broca, el eminente neurólogo Francés, concluyó que las variaciones en el tamaño del cerebro están relacionadas con la inteligencia (63). De igual forma, Galton fue uno de los primeros en cuantificar las relaciones entre el tamaño del cerebro y la inteligencia, determinando una asociación directa entre estos parámetros (64). Al respecto, diversos autores tanto en Chile, como en

el extranjero, han determinado una correlación directa y significativa entre el tamaño del cerebro medido por RMI y el CI, lo que permite descartar la hipótesis nula, en relación a que no existe relación al respecto (18,45,51,53-60). En este sentido, es conocido que los cerebros más grandes tienen más neuronas y esto podría traducirse en mayores conexiones sinápticas y, por ende, en una mayor inteligencia (65).

En otro contexto, las investigaciones tendientes a evaluar la relación entre inteligencia y una variedad de medidas de la estructura cerebral, han encontrado una correlación significativa entre CI con la cavidad intracraneal, lóbulo temporal, hipocampo y volumen del cerebro, con el volumen de la sustancia gris cortical en la región prefrontal, pero no con el volumen del núcleo caudado y ventrículos laterales. Además, han reportado una significativa correlación entre la escala verbal, desarrollo intelectual y volumen de sustancia gris, pero no con el de la sustancia blanca o volumen de líquido céfalo-raquídeo (59,60).

Las investigaciones de diversos autores han establecido que existen diferencias raciales en el CI y en el tamaño del cerebro, por lo que factores genéticos y ambientales podrían estar afectando estas interrelaciones (53-55).

### **Consecuencias para el sector educacional**

Los aspectos antes mencionados son de importancia trascendental para la educación, ya que existen investigaciones que señalan que la circunferencia craneana para la edad, indicador directo de la historia nutricional y del desarrollo cerebral, es el parámetro antropométrico con el mayor poder explicatorio en la varianza del rendimiento escolar y de la capacidad intelectual (20,66,67). De esta forma, en escolares que egresan de educación media, es el único parámetro antropométrico que se asocia directa y significativamente al rendimiento escolar, constatándose que un alto porcentaje de los escolares que obtienen muy bajos puntajes en la PAA presentan circunferencia craneana subóptima (66).

No obstante y como se mencionó previamente, existen estudios que confirman que el CI y el rendimiento escolar del niño se asocian a una menor circunferencia craneana y a condiciones de malnutrición a edad temprana, en donde el peso de nacimiento del niño, junto a otras variables, estarían afectando estas interrelaciones (7-11,13-15,18,27,28,45,51-60,66-71).

El impacto del estado nutricional en el desarrollo cerebral, inteligencia y rendimiento escolar, en el marco de un enfoque multifactorial fue estudiado recientemente en escolares Chilenos que egresan de la educación media, cuyo promedio de edad era de  $17.5 \pm 0.8$  años y en donde los procesos de crecimiento físico e intelectual están ya consolidados. Los resultados mostraron que el rendimiento escolar está condicionado significativamente por factores genéticos y ambientales, como el CI del alumno, el CI de la madre, el

CI del padre, el peso de nacimiento, la talla de nacimiento, la desnutrición acaecida en el primer año de vida y el volumen encefálico, pero el CI del alumno es la variable que mayormente contribuye a explicar la varianza del rendimiento escolar en ambos sexos (45).

Estos hallazgos son coincidentes con nuestros primeros estudios, los cuales pusieron de manifiesto que el CI del escolar es una de las variables que mayormente contribuye a explicar el rendimiento escolar (69,72,73).

El retraso estatural se le ha asociado con bajo rendimiento escolar y con bajo CI, medido a través del Test de Matrices Progresivas de Raven (20,66,71); sin embargo, pareciera ser que el peso y la talla, indicadores de la historia nutricional, son parámetros que pierden importancia a lo largo de los años escolares, en su asociación con el rendimiento escolar (66). De esta forma, la circunferencia craneana se configura como el parámetro antropométrico más relevante en su asociación con el rendimiento escolar y con el CI (20,66). Un hallazgo relevante es que la selectividad del sistema educacional en Chile se produciría, en cuanto a estado nutricional se refiere, en base a la circunferencia craneana, por lo que desartarían preferentemente, aquéllos alumnos con circunferencia craneana subóptima (66). Esta es una materia en la cual se deben realizar mayores investigaciones, con el objeto de contar con mayor evidencia al respecto.

Por las consideraciones señaladas, es de las más alta relevancia para la educación, poder analizar las interacciones entre estado nutricional, desarrollo cerebral, inteligencia y rendimiento escolar, considerando que los problemas nutricionales afectan a todos los estratos socioeconómicos, en especial, a los sectores más deprivados de nuestra sociedad, los cuales han estado sometidos a condiciones de subalimentación crónica (18,25). En este sentido, se recomienda, la utilización de RMI para dilucidar las relaciones estado nutricional, desarrollo cerebral, inteligencia y rendimiento escolar y así poder aportar mayor evidencia sobre este fascinante aspecto de la biología humana y de la evolución. Al respecto y tal como queda de manifiesto en este trabajo, existe poca información, con relación a los efectos a largo plazo de la desnutrición acaecida a edad temprana, sobre la productividad del sistema educacional. La problemática planteada en el presente artículo que resume nuestras investigaciones efectuadas por más de 20 años, adquiere especial importancia, ya que actualmente, la desnutrición es el problema nutricional más relevante en los países en desarrollo; en algunas partes del mundo, principalmente en Latinoamérica y en los países del Asia Oriental, se han logrado importantes avances en la reducción de las tasas de desnutrición, pero, en general, el número absoluto de niños desnutridos se ha incrementado en el mundo. La mitad de los niños del Asia meridional están desnutridos; en Africa un tercio de los niños tiene peso bajo

los estándares de normalidad y, en muchos países del continente africano la situación nutricional de los niños rápidamente se sigue deteriorando (74,75). Las condiciones de malnutrición y variables asociadas limitan seriamente la capacidad productiva e intelectual de los pueblos. Este hecho es especialmente relevante en los países del tercer mundo, en donde el crecimiento económico se ve afectado seriamente, debido a las limitaciones de los sectores sociales que presentan adversas condiciones socioeconómicas, socioculturales, familiares, intelectuales y nutricionales y que, en el presente, no satisfacen sus necesidades básicas, presentando a la vez, una historia de pobreza muy negativa, con el consecuente detrimento de la calidad de vida.

Considerando que la educación es la principal herramienta, mediante la cual se puede mejorar la calidad de vida de los pueblos y, que en términos absolutos el número de desnutridos ha aumentado en el mundo, es de la más alta relevancia para la educación analizar los efectos a largo plazo de la desnutrición acaecida a edad temprana. Las investigaciones relativas a determinar las interrelaciones entre estado nutricional, desarrollo cerebral, inteligencia y rendimiento escolar son fundamentales de llevar a cabo, especialmente en la edad escolar, ya que los problemas nutricionales afectan especialmente a los estratos socioeconómicos más deprivados de nuestra sociedad, con consecuencias negativas para el desarrollo económico; en la edad escolar, esto se traduce en altos índices de deserción escolar, problemas de aprendizaje y bajo ingreso a la educación superior (76). Un claro beneficio económico se lograría incrementando la productividad del adulto, a través de políticas gubernamentales exitosas que prevengan la desnutrición infantil.

Por esta razón, es necesaria la realización de investigaciones que contemplen un enfoque global del proceso educativo, para cuantificar el real impacto de la situación alimentaria y nutricional del educando, especialmente de la historia nutricional, en la productividad del sistema educacional.

## REFERENCIAS

- Ivanovic R, Ivanovic D. Rendimiento y deserción escolar: un enfoque multicausal. En: Ivanovic DM, Ivanovic RM, Middleton SM, editores. Rendimiento Escolar y Estado Nutricional. Santiago: Universidad de Chile, INTA, 1988: 3-6.
- UNICEF. La deserción en la Educación Media. Ciclo de debates: Desafíos de la Política Educacional N° 1. Santiago: UNICEF. 2000.
- Schiefelbein E, Farrel J. Eight years of their lives: through schooling to the labour market in Chile. Ottawa : International Development Research Centre, IDRC, 191e. 1982
- Schiefelbein E, Simmons J. The determinants of school achievement: a review of the research for developing countries. Ottawa: International Development Research Centre. IDRC-TS24e, 1981.
- Ivanovic R, Castro C, Ivanovic D. No existe una teoría sobre el rendimiento escolar. Revista de Educación (Ministerio de Educación de Chile) 1995;224:40-5.
- Ivanovic D, Olivares M, Ivanovic R. Peso y estatura de escolares de la Región Metropolitana de Chile: Impacto del nivel socioeconómico. Rev Med Chil 1991;119(11):1322-33.
- Stoch MB, Smythe PM. Does undernutrition during infancy inhibit brain growth and subsequent intellectual development?. Arch Dis Child 1963;68(202):546-52.
- Stoch MB, Smythe PM. The effect of undernutrition during infancy on subsequent brain growth and intellectual development. S Afr Med J 1967;41(41):1027-30.
- Stoch MB, Smythe PM. 15-year developmental study on effects of severe undernutrition during infancy on subsequent physical growth and intellectual functioning. Arch Dis Child 1976;51(5):327-36.
- Stoch MB, Smythe PM, Moodie AD, Bradshaw D. Psychosocial outcome and CT findings after gross undernourishment during infancy: a 20-year developmental study. Dev Med Child Neurol 1982;24(4):419-36.
- Ivanovic D. Does undernutrition during infancy inhibit brain growth and subsequent intellectual development ?. (Comments). Nutrition 1996;12(7/8):568-71.
- Huttenlocher PR, Dabholkar AS. Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. J Comp Neurol 1997;38(2):167-78.
- Winick M, Rosso P. The effect of severe early malnutrition on cellular growth of human brain. Pediatr Res 1969;3(2):181-4.
- Winick M, Rosso P. Head circumference and cellular growth of the brain in normal and marasmic children. J Pediatr 1969;74(5):774-8.
- Winick M. Nutrition and brain development. In: Serban G, editor. Nutrition and mental functions. New York: Plenum Press, 1975:65-73.
- Morgane P, Austin-Lafrance R, Bronzino J, Tonkiss J, Cintra L, Kemper T, Galler J. Prenatal malnutrition and development of the brain. Neurosci Biobehav Rev 1993;17(1):91-128.
- Ivanovic R, Forno H, Durán MC, Hazbún J, Castro C, Ivanovic D. Estudio de la capacidad intelectual (Test de Matrices Progresivas de Raven) en escolares de 5 a 18 años. I. Antecedentes generales, normas y recomendaciones. Región Metropolitana. Chile. 1986-1987. Revista de Psicología General y Aplicada 2000;53(1):5-30.
- Ivanovic D, Leiva B, Perez H, Inzunza N, Almagià A, Toro T, Urrutia MS, Cervilla J, Bosch E. Long-term effects of severe undernutrition during the first year of life on brain development and learning in Chilean high school graduates. Nutrition 2000;16(11/12):1056-63.
- Ivanovic D, Forno H, Castro C, Ivanovic R. Estudio de la capacidad intelectual (Test de Matrices Progresivas de Raven) en escolares de 5 a 18 años. II. Interrelaciones con factores socioeconómicos, socioculturales, familiares, de exposición a medios de comunicación de masas, demográficos y

- educacionales. *Revista de Psicología General y Aplicada*. En prensa. 2000.
20. Ivanovic R, Forno H, Castro CG, Ivanovic D. Intellectual ability and nutritional status assessed through anthropometric measurements of Chilean school-age children from different socioeconomic status. *Ecol Food Nutr* 2000;39(1):35-59.
  21. Sandiford P, Cassel J, Sanchez G, Coldham C. Does intelligence account for the link between maternal literacy and child survival? *Soc Sci Med* 1997; 45(8):1231-39.
  22. Crandell LE, Hobson RP. Individual differences in young children's IQ: a social-developmental perspective. *J Child Psychol Psychiatry* 1999;40(3):455-64.
  23. Udani PM. Protein energy malnutrition (PEM), brain and various facets of child development. *Indian J Pediatr* 1992;59(2):165-86.
  24. Grantham-McGregor S. A review of studies of the effect of severe malnutrition on mental development. *J Nutr* 1995;125(8S):2233S-38S.
  25. Ivanovic D, Olivares M, Ivanovic R. Nutritional status of Chilean school children from different socioeconomic status and sex. Chile's Metropolitan Region. Survey 1986-1987. *Ecol Food Nutr* 1991;26(1):1-16.
  26. Ivanovic R. Factores socioeconómicos, socioculturales y sociopsicológicos que inciden en el rendimiento escolar. En: Ivanovic DM, Ivanovic RM, Middleton SM, editores. *Rendimiento Escolar y Estado Nutricional*. Santiago: Universidad de Chile, INTA, 1988:7-9.
  27. Hack M, Breslau N. Very low birth weight infants: effects of brain growth during infancy on intelligence quotient at 3 years of age. *Pediatrics* 1986;77(2):196-202.
  28. Hack M, Breslau N, Weissman B, Aram, D, Klein N, Borawski E. Effect of very low birth weight and subnormal head size on cognitive abilities at school age. *New Engl J Med* 1991;325(4):231-7.
  29. Levitsky DA, Strupp, BJ. Malnutrition and the brain: changing concepts, changing concerns. *J Nutr* 1995;125(8S):2212S-20S.
  30. Aboitiz F. Brain connections: Interhemispheric fiber systems and anatomical brain asymmetries in human. *Biol Res* 1992;25(2):51-61.
  31. Ruiz S, Pérez H, Hernández A, Soto-Moyano R. Effect of early malnutrition on latencies of direct cortical responses evoked in the rat prefrontal cortex. *Nutr Rep Int* 1985;32(3):533-38.
  32. Aboitiz F. Lateralización cerebral y conexiones interhemisféricas: aspectos neurobiológicos. *Arch Biol Med Exp* 1989;22(4):341-54.
  33. Soto-Moyano R, Hernández A, Pérez H, Carreño P, Belmar J. Functional alterations induced by prenatal malnutrition in callosal connections and interhemispheric asymmetry as revealed by trascallosal and visual evoked responses in the rat. *Exp Neurol* 1993;119(1):107-12.
  34. Cordero ME, D' Acuña E, Benveniste S, Prado R, Nuñez JA, Colombo M. Dendritic development in neocortex of infants with early postnatal life undernutrition. *Pediatr Neurol* 1993;9(6):457-64.
  35. Brown JL, Pollit E. Malnutrition, poverty and intellectual development. *Sci Am* 1996;274(2):26-31.
  36. Rumsey JM, Rapoport JL. Assessing behavioral and cognitive effects of diet in pediatric populations. In: Wurtman RJ, Wurtman JJ, editors. *Nutrition and the Brain*. New York, NY: Raven Press, 1983:101-61.
  37. Menkes JH. *Textbook of Child Neurology*. Baltimore: Williams and Wilkins. 1995.
  38. Strauss RS, Dietz WH. Growth and development of term children born with low birth weight: effects of genetic and environmental factors. *J Pediatr* 1998;133(1):67-72.
  39. Nellhaus G. Head circumference from birth to eighteen years. Practical composite international and interracial graphs. *Pediatrics* 1968;41(1):106-14.
  40. Tanner JM. Physical growth and development. In: Forfar JO, Arneil GC, editors. *Textbook of Pediatrics*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1984:278-330.
  41. Roche AF, Mukherjee D, Guo S, Moore W. Head circumference reference data : birth to 18 years. *Pediatrics* 1987;79(5):706-12.
  42. Ivanovic D, Olivares M, Castro C, Ivanovic R. Circunferencia craneana de escolares chilenos de 5 a 18 años. Región Metropolitana de Chile. 1986-1987 y 1992. *Rev Med Chil* 1995;123(5):587-99.
  43. Johnston F, Lampl M. Anthropometry in studies of malnutrition and behavior. In Brozek J, Schürch B, editors. *Malnutrition and Behavior : Critical Assessment of Key Issues*. Nestlé Foundation Publication Series. Lausanne: Nestlé Foundation, 1984; 4:51-70.
  44. Yarbrough C, Habicht JP, Martorell R, Klein RE. Anthropometry as an index of nutritional status. In: Roche AF, Falkner F, editors. *Nutrition and Malnutrition. Identification and Measurement*. New York: Plenum Press, 1974:5-26.
  45. Ivanovic D, Almagia A, Toro T, Castro C, Pérez H, Urrutia MS, Cervilla J, Bosch E, Ivanovic R. Impacto del estado nutricional en el desarrollo cerebral, inteligencia y rendimiento escolar, en el marco de un enfoque multifactorial. *Revista Interamericana de Desarrollo Educativo 'La Educación'* (Organización de los Estados Americanos, OEA). En prensa. 2000.
  46. Nelson KB, Deutschberger J. Head size at one year as a predictor of four-year IQ. *Dev Med Child Neurol* 1970;12(4):487-95.
  47. Van Valen L. Brain size and intelligence in man. *Am J Phys Anthropol* 1974;40(3):417-23.
  48. Fisch RO, Bilek MK, Horrobin JM, Chang PN. Children with superior intelligence at 7 years of age: a prospective study of the influence of perinatal, medical and socioeconomic factors. *Am J Dis Child* 1976;130(5):481-7.
  49. Ounsted M, Moar VA, Scott A. Head circumference and developmental ability at the age of seven years. *Acta Paediatr Scand* 1988;77(3):374-9.
  50. Johnson FW. Biological factors and psychometric intelligence: a review. *Genet Soc Gen Psychol Monographs*, 1991;117(3):313-57.
  51. Willerman L, Schultz R, Rutledge JN, Bigler, ED. In vivo brain size and intelligence. *Intelligence* 1991;15(2):223-8.

52. Botting N, Powls A, Cooke RW, Marlow N. Cognitive and educational outcome of very low-birthweight children in early adolescence. *Dev Med Child Neurol* 1998;40(10):652-60.
53. Rushton JP. Race, evolution, and behavior: A life-history perspective. 2nd special abridged edition. Port Huron, MI: Charles Darwin Research Institute. 2000.
54. Rushton JP, Ankney CD. Brain size and cognitive ability: Correlations with age, sex, social class, and race. *Psychonomic Bulletin and Review* 1996;3(1):21-36.
55. Rushton JP, Ankney CD. Size matters: A review and new analyses of racial differences in cranial capacity and intelligence that refute Kamin and Omari. *Personality and Individual Differences* 2000;29(4):591-620.
56. Vernon PA, Wickett JC, Bazana PG, Stelmack RM. The neuropsychology and psychophysiology of human intelligence. In: Sternberg RJ, editor. *Handbook of Intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press. 2000
57. Wickett JC, Vernon PA, Lee DH. Relationships between factors of intelligence and brain volume. *Personality and Individual Differences* 2000;29(6):1095-122.
58. Pennington BF, Filipek PA, Lefly D, Chhabildas N, Kennedy DN, Simon JH, Filley CM, Galaburda A, DeFries JC. A twin MRI study of size variations in human brain. *J Cogn Neurosci* 2000;12(1):223-32.
59. Andreasen NC, Flaun M, Swayze V, O'Leary DS, Alliger R, Cohen G, Ehrhardt J, and Yuh WT. Intelligence and brain structure in normal individuals. *Am J Psychiatry* 1993;150(1):130-4.
60. Reiss AI, Abrams MT, Singer HS, Ross JL, Denckla MB. Brain development, gender and IQ in children. A volumetric imaging study. *Brain* 1996;119 (Pt5):1763-74.
61. Tramo MJ, Loftus WC, Stukel TA, Green RL, Weaver JB, Gazzaniga MS. Brain size, head size, and intelligence in monozygotic twins. *Neurology* 1998;50(5):1246-52.
62. Schoenemann PT, Budinger T, Sarich V, Wang W. Brain size does not predict general cognitive ability within families. *Proc Natl Acad Sci USA* 2000; 97(9):4932-37
63. Broca P. Sur le volume et al forme du cerveau suivant les individus et suivant les races. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 1861; 2, 139-207, 301-321, 441-446. Citado en: Rushton JP. Race, evolution, and behavior: A life-history perspective. 2nd special abridged edition. Port Huron, MI: Charles Darwin Research Institute. 2000.
64. Galton F. Head growth in students at the University of Cambridge. *Nature* 1888; 38:14-15. 53. Citado en: Rushton JP. Race, evolution, and behavior: A life-history perspective. 2nd special abridged edition. Port Huron, MI: Charles Darwin Research Institute. 2000.
65. Pakkenberg B, Gundersen H JG. Neocortical neuron number in humans: Effect of sex and age. *J Comp Neurol* 1997;384(2): 312-20.
66. Ivanovic D, Olivares M, Castro C, Ivanovic R. Nutrition and learning in Chilean school-age children: Chile's Metropolitan Region. Survey 1986-1987. *Nutrition* 1996;12(5):321-8.
67. Toro T, Almagià A, Ivanovic D. Evaluación antropométrica y rendimiento escolar en estudiantes de educación media de Valparaíso, Chile. *Arch Latinoam Nutr* 1998;48(3):201-9.
68. Desch LW, Anderson SK, Snow JH. Relationship of head circumference to measures of school performance. *Clinical Pediatrics* 1990;29(7):389-92.
69. Ivanovic D, Marambio M. Nutrition and Education. I. Educational achievement and anthropometric parameters of Chilean elementary and high school graduates. *Nutr Rep Int* 1989;39(5):983-93.
70. Sommerfelt K, Markestad T, Ellertsen B. Neuropsychological performance in low birth weight preschoolers: a population-based, controlled study. *Eur J Pediatr* 1998;157(1):53-8
71. Aboud F, Salmuel M, Hadera A, Addus A. Intellectual, social and nutritional status of children in an Ethiopian orphanage. *Soc Sci Med* 1991;33(11):1275-80.
72. Durán MC. Impact of nutritional factors over educational achievement and school dropout in the rural area. Chile's Metropolitan Region. MSc Thesis. Santiago: University of Chile, Institute of Nutrition and Food Technology (INTA). 1989.
73. Hazbún J. Food and nutrition of school-age children and their impact on school performance and dropout in the rural area of the Metropolitan Region in Chile. MSc Thesis. Santiago: University of Chile, Institute of Nutrition and Food Technology (INTA). 1990.
74. FAO. Sexta encuesta alimentaria mundial. Roma: FAO. 1996.
75. UNICEF. Estado mundial de la infancia. Nueva York : UNICEF. 1998.
76. Rodríguez M del P. Socio-economic, educational, intellectual and nutritional characteristics of elementary first grade school-age children (1987) and their educational situation 12 years later (1998). Chile's Metropolitan. MSc Thesis. Santiago: University of Chile, Institute of Nutrition and Food Technology (INTA). 2000.

Recibido: 10-05-1999

Aceptado: 15-01-2001