

APROXIMACIÓN A LA INFLUENCIA DE LA ALTURA EN EL FUNCIONAMIENTO NEUROPSICOLÓGICO INFANTIL*

Tomás Caycho**

Universidad Inca Garcilaso de la Vega

RESUMEN

Se presenta una revisión breve acerca de los efectos de la altitud en el funcionamiento neuropsicológico en la infancia. El análisis de estudios sugiere la existencia de un patrón de deterioro cognitivo leve asociado a una exposición aguda a grandes alturas sobre el nivel del mar. Se discute la presencia de ciertos aspectos culturales que pueden afectar el funcionamiento neuropsicológico, actuando como amortiguador frente a las condiciones físicas que operan como factores de estrés ambiental en el organismo. La literatura sugiere la existencia de un deterioro cognitivo asociado a la exposición a grandes altitudes. Los estudios son escasos en este ámbito; no obstante, la complejidad e importancia del tema sugieren la necesidad de investigaciones futuras en esta área.

Palabras claves: hipoxia, funcionamiento neuropsicológico, desarrollo psicobiológico, disfunción cerebral mínima.

APPROACH TO THE INFLUENCE OF HEIGHT IN CHILDREN NEUROPSYCHOLOGICAL FUNCTIONING

ABSTRACT

We present a brief review of the effects of altitude on neuropsychological functioning in children. The analysis of studies suggests the existence of a pattern of mild cognitive impairment associated with acute exposure to high altitudes over the sea level. We discuss the presence of certain cultural aspects that may affect neuropsychological functioning, acting as a buffer against the physical conditions that act as environmental stressors in the body. The literature suggests the existence of cognitive impairment associated with exposure to high altitudes. The studies are scarce in this area, however, the complexity and importance of the subject suggest the need for future research in this area.

Keywords: hypoxia, neuropsychological functioning, psychobiological development, minimal brain dysfunction.

*El presente trabajo fue posible gracias al apoyo de la Facultad de Psicología y Trabajo Social de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima, Perú, en el marco del proyecto “*Relación Materno-Infantil y su influencia en el Desarrollo Psicobiológico del niño*” dirigido por el autor.

**Docente Investigador de la Facultad de Psicología y Trabajo Social de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Contacto: tcaycho@uigv.edu.pe; tonyvoxdei1783@hotmail.com

ABORDAGEM PARA A INFLUÊNCIA DA ALTURA EM CRIANÇAS. FUNCIONAMENTO NEUROPSICOLÓGICO

RESUMO

Apresentamos uma breve revisão dos efeitos da altitude sobre o funcionamento neuropsicológico na infância. A análise de estudos sugere a existência de um padrão de comprometimento cognitiva leve associada à exposição aguda a grandes altitudes sobre o nível do mar. Discute-se a presença de certos aspectos culturais que podem afetar o funcionamento neuropsicológico, agindo como um amortecedor contra as condições físicas que atuam como estressores ambientais no corpo. A literatura sugere a existência de comprometimento cognitivo associado à exposição a altas altitudes. Os estudos são escassos nesta área, no entanto, a complexidade e importância do assunto sugerem a necessidade de futuras pesquisas nesta área.

Palavras-chave: funcionamento, hipóxia neuropsicológica, desenvolvimento psicobiológico, disfunção cerebral mínima.

Desde la psicología, se hace cada vez necesario un análisis preciso acerca del papel que desempeñan distintos aspectos del contexto físico en la configuración neuropsicológica de la cognición humana. Para esto es necesario ir más allá del contexto de las sociedades altamente industrializadas y con altos ingresos. El avance tecnológico (Kuramoto, 2007), el crecimiento económico (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2008) y las políticas de salud pública (Valdivia, 2002; Grupo de Análisis para el Desarrollo, 2007; Portocarrero, Vásquez & Yamada, 2010) han dado lugar al control de aspectos del medio físico (p.ej. seguridad alimentaria) que pueden determinar, en parte, la supervivencia y desarrollo de las familias en los países de bajos ingresos (Petetta, 2007). Algunos de estos factores contextuales es probable que tengan efectos directos sobre el crecimiento del cerebro y, posiblemente, en el desarrollo de la inteligencia (Colombo, 2007).

Argumentamos que factores distintos del entorno natural contribuyen directamente a la variabilidad observada en el desarrollo humano. La intención aquí no es realizar un examen exhaustivo de la evidencia disponible, más bien nuestro esfuerzo se limita al análisis de determinados casos que nos lleven a adoptar una visión más amplia en el proceso de construcción

de teorías sobre el desarrollo de la cognición humana.

Para los efectos de la presente revisión, amerita preguntarse ¿La hipoxia de la altura puede constituirse en un factor negativo para el desarrollo neuropsicológico del ser humano? El argumento sustentado aquí se basa en evidencia que sugiere que la baja presión barométrica en la altura (p.ej. de los Andes, los Himalaya), asociada a una reducción de la presión del oxígeno inspirado y la presión arterial de oxígeno, además de la saturación de hemoglobina, influye el aporte del oxígeno al cerebro, comprometiendo el desarrollo del sistema nervioso central (SNC), a pesar de la existencia de diversos mecanismos fisiológicos compensatorios, como la vasodilatación encefálica (Virués-Ortega, Garrido, Javierre & Rivero, 2008).

No se busca juzgar el éxito de la adaptación o la competencia intelectual de las sociedades que viven en estas condiciones, ni estamos interesados, en particular, en los resultados cognitivos y del comportamiento en la edad adulta. Nuestro interés está en los efectos directos sobre el desarrollo del sistema nervioso central, y los resultados en la función intelectual de los niños. Por efectos directos, nos referimos a cambios secundarios, o activados por los

mecanismos biológicos, sin una participación aparente o evidente de los factores culturales o sociales. El análisis, sin embargo, no es fácil debido a la complejidad del desarrollo infantil, del que nos ocuparemos en el acápite siguiente.

MULTIDIMENSIONALIDAD DEL DESARROLLO PSICOBIOLOGICO

En publicaciones anteriores (Pollitt & Caycho, 2010; Caycho, Villegas & Sotelo, 2011) hemos conceptualizado el desarrollo infantil como un fenómeno histórico en el que los eventos previos determinan en parte los eventos presentes y futuros, y los eventos presentes se convierten en los eventos previos que afectan los eventos subsiguientes (Michel & Tyler, 2005). Esta definición enfatiza dos aspectos importantes del desarrollo infantil que evidencian su complejidad: la temporalidad y la progresión. El primero hace referencia al espacio en el cual emergen nuevas estructuras y funciones como resultado de la influencia de factores heterogéneos, tanto al dominio biofísico como psicosocial (Pollitt & Caycho, 2010). Ambos dominios, el biofísico y el psicosocial, mantienen estrechas relaciones entre procesos internos y externos a lo largo de diferentes periodos del desarrollo (fetal, infantil, preescolar y escolar) afectando diversas áreas del mismo (motor, cognitiva, social, emocional e identidad).

Lo anterior es teóricamente importante pues evidencia que la evolución de un organismo en proceso de desarrollo no obedece a una codificación genética o a un reloj biológico (Gottlieb, Wahlsten, & Lickliter, 2006; Gottlieb, 2007); más bien, es la interacción de una serie de factores heterogéneos, tanto internos como externos, en el organismo lo que permite la adquisición de ciertas capacidades y

competencias necesarias para la adaptación a un ámbito particular.

A pesar de que es posible establecer un esquema general de desarrollo, la velocidad, características y calidad del mismo varían de niño a niño. Esta diferencia es producto, tanto de la configuración biológica de cada niño así como del ambiente en el cual se desarrolla, en donde la exposición a algunos eventos (como desnutrición) y experiencias, (falta de oportunidades de aprendizaje), disminuye las probabilidades de que el desarrollo del niño continúe su curso en condiciones normales (Pollitt, León & Cueto, 2007). Por ejemplo, los niños de familias con menores recursos económicos que viven en condiciones de pobreza, crecen y se desarrollan lentamente, a diferencia de aquellos de clases socioeconómicas altas (Walker et al., 2007).

Esta definición coincide con conceptualizaciones contemporáneas sobre el desarrollo infantil (Lytton, 2000), dentro de las cuales es oportuno referirnos, de manera breve, a la biología del desarrollo, para lo cual la teoría denominada *Epigénesis Probabilística* es una referencia apropiada (Gottlieb, 1991a; Gottlieb, 2007). Aquí el desarrollo es visto como un proceso multidimensional caracterizado por la emergencia de nuevas estructuras y funciones producto de una continua interacción y de los efectos recíprocos entre las dimensiones que componen los dominios del ser humano y su entorno.

Gottlieb (1991b) muestra que los genes no producen por sí mismos características estructurales y funcionales de un organismo. Contrario al pre-determinismo, propuso que la actividad genética (Figura 2) es originalmente una respuesta a señales que provienen del ambiente tanto interno como externo al organismo.

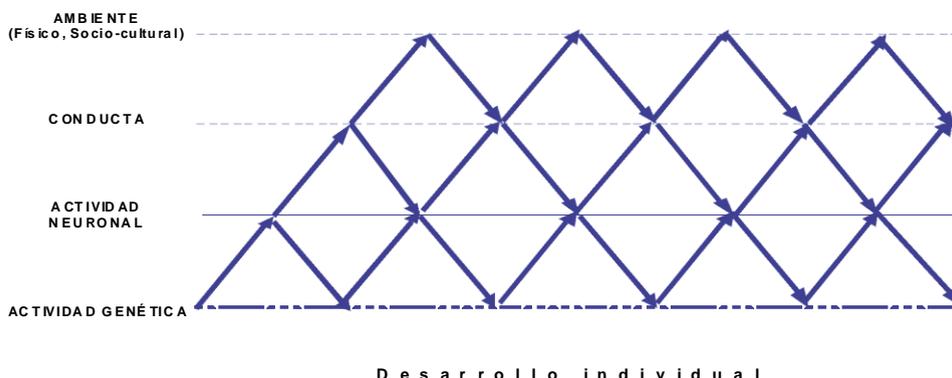


Figura 1. Modelo Metateórico de Epigénesis Probabilística

Nota: Adaptación de figura de G. Gottlieb, 2007, tomado de Pollitt & Caycho, 2010, p. 391

La Figura 1 hace referencia a un organismo en proceso de desarrollo desde la gestación y donde se realiza una diferenciación entre la acción genética, neuronal y socio-psicológica. Así, se propone que los genes no tienen un plan de acción innato que dicta y organiza el desarrollo, sino que éstos responden a eventualidades cuya naturaleza depende del lugar de origen e inician el proceso del desarrollo. Esto permite inferir que la expresión genética debe estar íntimamente relacionada con diversos acontecimientos llevados a cabo en otros niveles del sistema de desarrollo, que incluye el medio ambiente del organismo, y que pueden considerarse como potencialmente iguales (Gottlieb, 1991a, 1991b). Así, tanto las variables intraorganísmicas, que componen el contexto próximo del gen, como las variables contextuales o extraorganísmicas, componen un sistema de relación recíproca (Lerner, 1984, 1991).

LA ALTITUD Y SUS EFECTOS EN EL FUNCIONAMIENTO NEUROPSICOLÓGICO

Países como Bolivia, China, Etiopía, India, Nepal y Perú están entre los países con población que vive por encima de una altitud de 3.000 metros (Small & Cohen, 2004), estando expuestos a un ambiente biofísico diferente de otros lugares del mundo (Ver figura 2). El contexto de gran altitud se caracteriza por la reducción del oxígeno y la presión barométrica, de la humedad relativa, la fuerza de la gravedad, así como el aumento de la radiación solar y variaciones marcadas de temperatura en períodos cortos (Beall, 2000a, Beall, 2000b, Bartsch & Saltin, 2008). De todas estas variables, la reducción de oxígeno ha recibido el mayor énfasis en la literatura biomédica sobre los efectos de la gran altitud en las poblaciones humanas (Beall, 2001; Huicho, 2007, Penaloza & Arias-Stella, 2007), lo cual no es sorprendente teniendo en cuenta los efectos adversos de la reducción de oxígeno en la fisiología humana (Monge & León-Velarde, 2003; Greksa, 2006).

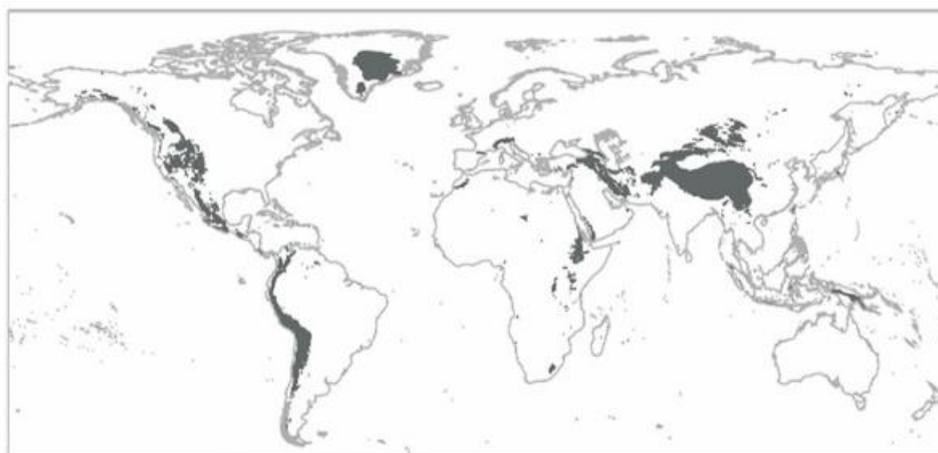


Figura 2. Países en el mundo con zonas a más de 2500 msnm

Nota: Tomado de Niermeyer, Andrade Mollinedo & Huicho, 2009, p. 807

En poblaciones residentes a gran altitud (por encima de los 2500 y 3000 m.s.n.m), hay una mayor prevalencia de retraso del crecimiento intrauterino y bajo peso al nacer (Saco-Pollitt, 1981, 1989; Mortola, Frappell, Agüero &

Armstrong, 2000; Huicho & Pawson, 2003, Dang, Yan & Yamamoto, 2008). El bajo peso es probablemente debido a la hipoxia fetal durante el tercer trimestre de la gestación (Huicho & Pawson, 2003) (Fig. 3).

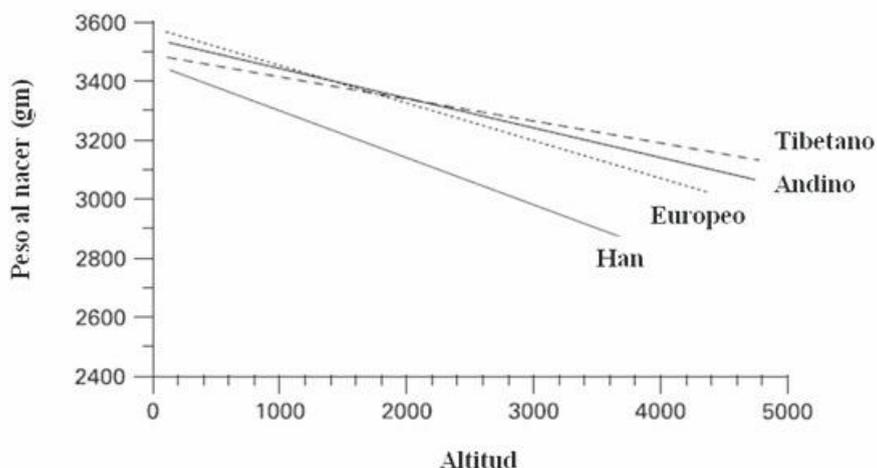


Figura 3. Disminución de peso al nacer de acuerdo a la altitud en cuatro poblaciones

Nota: Los datos son valores promedio para 4 millones de nacimientos que ocurren en las poblaciones y altitudes representadas. Las líneas de regresión de ajuste para los datos presentados, ponderados por el tamaño de la muestra y la varianza, demuestran que la magnitud de la altura está asociada inversamente a una disminución del peso al nacer ($p < .001$). Para las fuentes de datos originales, ver Moore (2001), adaptado de Moore, et al., 2004., p. S62

Asimismo, las posibilidades de supervivencia neonatal e infantil también son menores en las zonas de gran altitud a comparación de las zonas de menor altitud (Huicho & Pawson, 2003; Huicho, Trelles, Gonzales, Mendoza & Miranda, 2009). Los efectos de la altitud no sólo se observan en las poblaciones rurales de bajos ingresos en las regiones de gran altitud de los países en desarrollo (Haas, Baker & Hunt, 1977; Haas, et al., 1982; Pawson, Huicho, Muro & Pacheco, 2001), sino también en las ciudades de gran altitud y altos ingresos económicos como Colorado en los Estados Unidos (Hoffenberg et al., 2002).

Los efectos de la altura en el desarrollo psicobiológico de los infantes es de suma importancia si tenemos en cuenta que, por ejemplo en el Perú, se observa un aumento en la prevalencia de desnutrición crónica en niños menores de cinco años conforme aumenta la altitud de residencia. En poblaciones residentes entre 0 a 1.000 m.s.n.m. presentan un prevalencia de desnutrición crónica de 19.1%, entre 1.000 a 3.000 m.s.n.m. de 38.1% y poblaciones ubicadas a más de 3.000 m.s.n.m. presentan una prevalencia de 46.0% (Beltrán & Seinfeld, 2010). El peso al nacer tiene un impacto muy alto en la desnutrición, en donde un incremento del 10% en

el peso reduce en 22% la probabilidad de que el niño esté desnutrido (Beltrán & Seinfeld, 2010).

Asimismo, estudios longitudinales refieren que entre infantes sanos y bien nutridos aquellos con más peso tienden a comenzar a caminar a edades tempranas (Adolph, 1997). Lo contrario se observa entre infantes mal nutridos, debido probablemente a que aquellos niños con menor peso tienen menos fuerza muscular para caminar a la edad esperada (Siegel et al., 2005). Así, la exposición a condiciones de altura aunada a la desnutrición puede convertirse en factores de riesgo para una trayectoria normal del desarrollo infantil.

El desarrollo cognitivo en la infancia a grandes altitudes es un área temática de gran importancia, pero en el que existe una limitada cantidad de datos empíricos (Virués-Ortega, Garrido, Javierre & Kloezeman, 2006). La vulnerabilidad del sistema nervioso frente a la hipoxia se empieza a observar claramente en altitudes moderadas como los 2500 msnm (Hackett, 1999). La Tabla 1 muestra un mínimo deterioro de ciertas habilidades cognitivas a bajas altitudes, mientras que procesos más complejos, tales como la habilidad aritmética y la toma de decisiones, se vieron cada vez más afectados a mayor altitud.

Tabla 1

Rendimiento de capacidades cognitivas en función a la altitud sobre el nivel del mar de sujetos no aclimatados según McFarland (1972) (Tomado de Virués-Ortega, Garrido, Javierre & Kloezeman, 2006, p. 401)

Altitud (m)	Sensibilidad visual	Atención	Memoria a corto plazo	Habilidad aritmética	Toma de decisiones
2500	83%	100%	97%	100%	100%
3500	67%	83%	91%	95%	98%
4200	56%	70%	83%	92%	95%
5000	48%	57%	76%	86%	90%

El crecimiento y maduración del cerebro de los roedores son afectados negativamente por la exposición a condiciones de gran altitud, similar a las que se encuentran entre las poblaciones humanas que viven alrededor de 3,500 a 4,000 metros (Petropoulos, Dalal & Timiras, 1972). Así, la multiplicación celular, el contenido y mielogénesis son relativamente lentos en crías de

ratas expuestas a condiciones de gran altitud (Cheek, Grayston & Rowe, 1969), lo que covaría con impedimentos funcionales del sistema nervioso central (Timiras & Wooley, 1966). La figura 4 muestra el proceso biológico subyacente al deterioro neurológico causado por la exposición a condiciones de gran altitud.

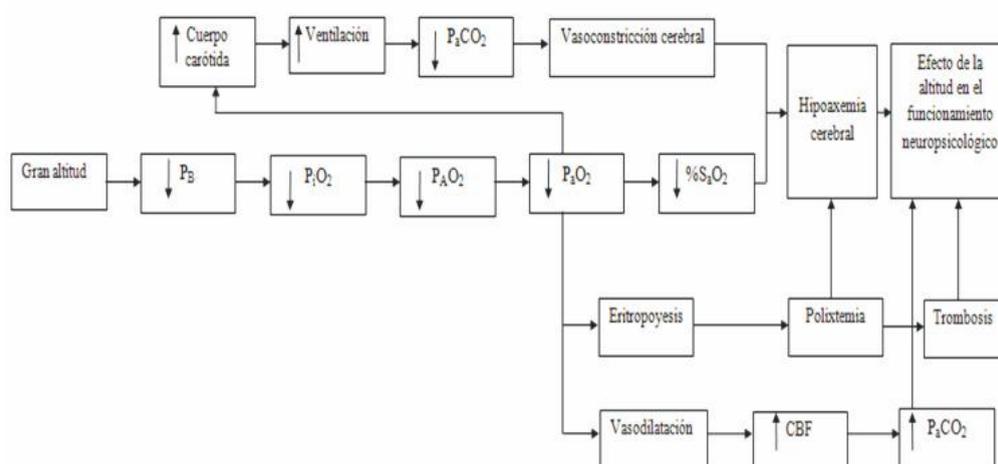


Figura 4. El proceso biológico subyacente al deterioro neurológico causado por la altitud

Nota: Tomado de Virués-Ortega, Garrido, Javierre & Kloezeman, 2006, p. 402. CBF= flujo sanguíneo cerebral, P_B = presión barométrica, P_iO_2 =presión de la inspiración de oxígeno en la tráquea, P_AO_2 =presión de oxígeno alveolar, P_aO_2 =presión parcial de oxígeno en arterias, P_aCO_2 =presión parcial de dióxido de carbono en arterias, $\%S_aO_2$ =porcentaje de saturación de hemoglobina en las arterias.

El cerebro es muy sensible a la hipoxia ambiental. Existen pocos datos que abordan el impacto de la hipoxia de altitud en el desarrollo y la adaptación de las capacidades cognitivas superiores. Sólo unos pocos estudios en niños han sido publicados (Saco-Pollitt, 1981; Leonard, 1989; Bender, Auer, Baran, Rodríguez & Simeonsson, 1994; Hogan et al., 2010; Virués-Ortega et al., 2011)

Haas (1976) estudió infantes peruanos (2 meses a 2 años) residentes en altitudes alrededor de los 3,780 m, empleando la Escala Bayley de Desarrollo Infantil, no hallando alteración en el desarrollo psicomotor con respecto a niños de un grupo control. Este hallazgo sugiere que, por lo menos luego de los dos meses de vida, el

desarrollo neuromotor no es afectado por la altitud. Posteriormente, otro estudio con niños peruanos (Saco-Pollitt, 1981) reporta que infantes de 36 a 48 horas de edad, nacidos alrededor de los 4.200 m.s.n.m. presentan capacidades interactivas y motoras menos desarrolladas en comparación a recién nacidos a nivel del mar. Los recién nacidos a gran altura eran menos atentos a los estímulos del medio ambiente, tenían menos probabilidades de estar orientados al presentarle estímulos visuales y auditivos, eran menos activos y más hipotónicos, con movimientos menos suaves, menos propensos a mantener la cabeza en alto, cuando se pasó de una posición de echado a una posición de sentado y menos exitosos para calmarse a sí mismos.

Los resultados de Saco-Pollitt concuerdan con aquellos arrojados para niños a término de bajo peso y recién nacidos desnutridos en poblaciones con malnutrición endémica (Pollitt, 2002, 2007), grupos en los que se evidencia una mayor prevalencia de disfunción cerebral mínima (Fitzhardinge & Steven, 1973). La semejanza entre esta muestra clínica y los niños que viven en zonas de gran altitud, sugiere que estos últimos pueden estar en riesgo de déficits posteriores en el desarrollo.

La discrepancia en los resultados de Haas y Saco-Pollitt sugiere la necesidad de realizar investigaciones longitudinales que incorporen evaluaciones más amplias, con el objetivo de descartar el papel de algunas manifestaciones fisiológicas del embarazo a gran altitud (Virués-Ortega et al., 2008), como alteraciones hormonales (Sobrevilla, 1971) o crecimiento intrauterino restringido (Keyes et al., 2003).

Recientemente, un estudio (Hogan et al., 2010) describe el desarrollo cognitivo, fisiológico, y el perfil de comportamiento en grupos grandes de lactantes (6-12 meses) y niños (6-10 años) que han nacido y viven en tres localidades de diferente altitud en Bolivia (500, 2500 y 3700 m.s.n.m.). Los resultados fisiológicos muestran que el nivel de oxígeno en la hemoglobina, la saturación y la espiración final de dióxido de carbono fueron significativamente menores en todos los grupos de edad que viven por encima de 2500 metros, lo que confirma la presencia de hipoxia e hipocapnia, pero sin detrimento detectable para la salud de los menores. La evaluación neuropsicológica en niños indica una pequeña reducción en la velocidad psicomotora al aumentar la altitud, independientemente de la edad, lo cual puede ser consecuencia de la desaceleración que subyace a la actividad del cerebro aunado con una disminución del metabolismo cerebral y el flujo sanguíneo.

Otro estudio revela resultados similares (Virués-Ortega et al., 2011), describiendo pequeños cambios en la velocidad de procesamiento en niños bolivianos que viven

aproximadamente a 3700 m.s.n.m. La evidencia de la pérdida de la autorregulación cerebral por encima de esta altitud (4.000 m.s.n.m.) sugiere un umbral potencial de la gravedad de la hipoxia sobre el funcionamiento neuropsicológico que puede ser importante. Se realizaron evaluaciones fisiológicas y neuropsicológicas en 62 niños y adolescentes bolivianos que viven en La Paz (3700 m.s.n.m.) y El Alto (4100 m.s.n.m.). Los grupos fueron equivalentes en términos de edad, género, clase social, educación, educación de los padres y mezcla genética. Los participantes no mostraron diferencias significativas en su rendimiento basal cardíaco cerebrovascular, presión arterial media, espiración final de dióxido de carbono, y velocidad del flujo sanguíneo cerebral. Una evaluación neuropsicológica, que incluye pruebas de funciones ejecutivas, atención, memoria y rendimiento psicomotor, mostraron que, los participantes que viven en extrema altitud evidencian niveles más bajos de rendimiento en todas las pruebas ejecutivas. Estos resultados son compatibles con la evidencia fisiológica anterior de una zona de transición de la autorregulación cerebral a una altitud de 4000 m. Los resultados demuestran que por encima de este umbral, el cerebro en desarrollo es más vulnerable a déficit neuropsicológicos.

COMENTARIOS FINALES

La hipoxia de altura es una variable claramente definida y susceptible a la realización de estudios experimentales controlados. Sin embargo, resulta complicado separarla de factores como el frío, el ambiente ecológico, condiciones socioeconómicas, nutricionales y sanitarias (Huicho & Pawson, 2003). La literatura especializada revisada aquí, sugiere la presencia de alteraciones leves en el funcionamiento sensorio-perceptivo, psicomotor, de memoria y lenguaje en condiciones de gran altitud. Aún así, el funcionamiento de los procesos ejecutivos ha sido poco estudiado en este contexto biofísico.

A pesar del papel de la altitud, hay otros aspectos culturales que pueden afectar la tasa de desarrollo neuropsicológico, actuando como

amortiguador frente a las condiciones físicas que operan como factores de estrés ambiental en el organismo (Saco-Pollitt, 1989). Tronick, Thomas & Daltabuit (1994) describen cómo la bolsa de Manta, que es tradicionalmente usada por los pobladores quechuas que viven en zonas de gran altitud para proteger los recién nacidos contra el medio ambiente extremo, puede bajar la presión parcial de oxígeno en comparación con el medio ambiente externo, pero pueden también limitar drásticamente la socialización y la disposición de oportunidades para el infante. Como consecuencia, tanto la exploración y el lenguaje pueden verse limitados, lo que refleja el efecto de un comportamiento cultural y no necesariamente un efecto exclusivo de la hipoxia de altitud.

Los efectos adversos de la altura que hemos discutido pueden ayudar a la supervivencia de la población y su continuidad. Si bien, en el Perú no hay datos disponibles para apoyar dicha afirmación, esta línea de razonamiento está de acuerdo con los argumentos recientes sobre la importancia funcional de los contextos de desarrollo biofísico (Gottlieb, Wahlsten, & Lickliter, 2006; Gottlieb, 2007).

En conclusión, a pesar de las consideraciones metodológicas y culturales que deben ser tomadas en cuenta, ésta es un área importante de investigación. La falta de investigación sobre los efectos de la altitud en el desarrollo neuropsicológico refleja la complejidad metodológica de esta área. Se hace necesario, la realización de estudios de cohorte acerca del crecimiento pre y postnatal, tanto en poblaciones nativas y no nativas residentes en la altura, que traten de controlar factores nutricionales, socioeconómicos y genéticos que pudieran causar algún tipo de confusión con los resultados.

REFERENCIAS

- Adolph, K. (1997). Learning in the development of infant locomotion. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 62, 1-140.
- Bartsch, P., & Saltin, B. (2008). General introduction to altitude adaptation and mountain sickness. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18 (Suppl. 1), 1–10.
- Beall, C. (2000a). Tibetan and Andean patterns of adaptation to high-altitude hypoxia. *Human Biology*, 72, 201–228.
- Beall, C. (2000b). Tibetan and Andean contrasts in adaptation to high-altitude hypoxia. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 475, 63–74.
- Beall, C. (2001). Adaptations to altitude: A current assessment. *American Review Anthropology*, 30, 423-456.
- Beltrán, A. & Seinfeld, J. (2010). Desnutrición crónica infantil en el Perú. Un problema persistente. En En Portocarrero, F., Vásquez, E. & Yamada, G. (Editores). *Políticas Sociales en el Perú. Nuevos Desafíos* (pp. 142-199). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad del Pacífico, Instituto de Estudios Peruanos, Red para el Desarrollo de las Ciencias Sociales en el Perú.
- Bender, D., Auer, C., Baran, J., Rodriguez, S., & Simeonsson, R. (1994). Assessment of infant and early childhood development in a periurban Bolivian population. *International Journal of Rehabilitation Research*, 17, 75–81.
- Caycho, T., Villegas, G. & Sotelo, N. (2011). Correlatos psicosociales y biológicos de la estatura en niños rurales del Perú. *Revista de Psicología – Universidad César Vallejo*, 13(2), 199-214.
- Cheek, D., Grayston, J., & Rowe, R. (1969). Hypoxia and malnutrition in newborn rats: effects on RNA, DNA, and protein in tissues. *American Journal of Physiology*, 217, 642-645.
- Colombo, J. (2007). Acerca del desarrollo cerebral infantil: entre el daño y la optimización social. En J. Colombo (editor). *Pobreza y desarrollo infantil. Una contribución multidisciplinaria* (pp. 97-113). Buenos Aires: Paidós.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2008). *Social panorama of Latin America*. Santiago de Chile: United Nations Publications.

- Dang, S., Yan, H. & Yamamoto, S. (2008). High altitude and early childhood growth retardation: new evidence from Tibet. *European Journal of Clinical Nutrition*, 62, 342–348.
- Fitzhardinge, P. & Steven, E. (1973) The small-for-date infant, II: Neurological and intellectual sequelae. *Pediatrics*, 50, 50-57.
- Gottlieb, G. (1991a). Experimental canalization of behavioral development: Results. *Developmental Psychology*, 27, 35-39.
- Gottlieb, G. (1991b). Experiential canalization of behavioral development: Theory. *Developmental Psychology*, 27, 4-13
- Gottlieb, G., Wahlsten, D. & Lickliter, R. (2006). The significance of biology for human development. A developmental psychobiological systems view. En W. Damon & R. Lerner, (Ed.). *Handbook of child psychology Vol. 1 Theoretical models of human development. 6ta edición* (pp. 210-257). New Jersey: John Wiley y Sons, Inc.
- Gottlieb, G. (2007). *Probabilistic epigenesis. Developmental Science* 10(1), 1-11.
- Greksa, L. (2006). Growth and development of Andean high altitude residents. *High Altitude Medicine & Biology*, 7(2), 116-124
- Grupo de Análisis para el Desarrollo (editor) (2007). *Investigación, Políticas y Desarrollo en el Perú*. Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo.
- Haas, J. (1976). Prenatal and infant growth and development. En P. Baker & M. Little (Eds.), *Man in the Andes* (pp. 161-179). Stroudsburg, PA: Oxford Dowden, Hutchinson, & Ross.
- Haas J., Baker P. & Hunt E. (1977). The effects of high altitude on body size and composition of the newborn infant in southern Peru. *Human Biology*, 49(4), 611–628.
- Haas J., Moreno-Black, G., Frongillo E., Pabon A., Pareja L, Ybarregaray U. & Hurtado G. (1982). Altitude and infant growth in Bolivia: A longitudinal study. *American Journal Physical Anthropology*, 59(3), 251–262.
- Hackett, P. (1999). High altitude cerebral edema and acute mountain sickness: A pathophysiology update. En R. Roach, P. Wagner and P. Hackett (Editores) *Hypoxia: Into the Next Millennium* (pp. 23–46). New York: Plenum/Kluwer Academic Publishing.
- Hoffenberg, A., Weintraub, P., Dellavalle, R., Sauaia, A., Lezotte, D. & Calonge, N. (2002). Effect of altitude on low birth weight risk among Colorado twins. *Pediatric Research*, 51(4), 407A
- Hogan, A., Virués-Ortega, J., Baya-Botti, A., Bucks, R., Holloway, J., Rose-Zerilli, M., Palmer, L., Webster, R., Baldeweg, T., & Kirkham, F. (2010). Development of aptitude at altitude. *Developmental Science*, 12, 1–12.
- Huicho, L. & Pawson, G. (2003) Crecimiento y desarrollo. En C. Monge y S. León-Velarde (Eds.). *El reto fisiológico de vivir en los Andes*. Lima, Perú: Instituto Francés de Estudios Andinos.
- Huicho, L. (2007). Postnatal cardiopulmonary adaptations to high altitude. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 158(2007) 190–203
- Huicho, L., Trelles, M., Gonzales, F., Mendoza, W. & Miranda, J. (2009). Mortality profiles in a country facing epidemiological transition: An analysis of registered data. *BMC Public Health*, 9, 47.
- Keyes, L., Armaza, F., Niermeyer, S., Vargas, E., Young, D. & Moore, L. (2003). Intrauterine growth restriction, preeclampsia, and intrauterine mortality at high altitude in Bolivia. *Pediatric Research*, 54(1), 20-25.
- Kuramoto, J. (2007). Sistemas de innovación tecnológica. En Grupo de Análisis para el Desarrollo (editor). *Investigación, Políticas y Desarrollo en el Perú* (pp. 103-133) Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo.
- Leonard, W. (1989). Nutritional determinants of high-altitude growth in Nuñoa, Peru. *American Journal of Physical Anthropology*, 80, 341–352.
- Lerner, R. (1984). *On the nature of human plasticity*. New York: Cambridge University Press.

- Lerner, R. (1991). Changing Organism-Context Relations as the Basic Process of Development: A Developmental Contextual Perspective. *Developmental Psychology*, 27(1), 27-32
- Lytton, H. (2000). Toward a model of family-environmental and child-biological influences on development. *Development Review*, 20, 150-179.
- Michel, G. & Tyler, A. (2005). Critical period: A history of the transition from questions of when, to what, to how. *Developmental Psychobiology* 46(3), 156-162.
- Monge, C. & León-Velarde, S. (Eds.)(2003). *El reto fisiológico de vivir en los Andes*. Lima, Perú: Instituto Francés de Estudios Andinos.
- Moore, L., Shriver, M., Bemis, L., Hickler, B., Wilson, M., Brutsaert, T., Parra, E. & Vargas, E. (2004). Maternal Adaptation to High-altitude Pregnancy: An Experiment of Nature. A Review. *Placenta* 25 (Supplement A) Trophoblast Research, 18, S60-S71.
- Mortola, J., Frappell, P., Agüero, L. & Armstrong, K. (2000). Birth weight and altitude: a study in Peruvian communities. *Journal of Pediatrics*, 136(3), 324-329.
- Niermeyer, S., Andrade Mollinedo, P., & Huicho, L. (2009). Child health and living at high altitude. *Archives of Disease in Childhood*, 94, 806-811.
- Pawson, I., Huicho, L., Muro, M. & Pacheco, A. (2001). Growth of children in two economically diverse Peruvian high-altitude communities. *American Journal Human Biology*, 13(3), 323-340
- Penaloza, D., & Arias-Stella, J. (2007). The heart and pulmonary circulation at high altitudes: healthy highlanders and chronic mountain sickness. *Circulation*, 115, 1132-1146.
- Petetta, D. (2007). Evolución epidemiológica de la pobreza urbana en la Argentina: el impacto sobre indicadores demográficos, educativos y laborales. En J. Colombo (editor). *Pobreza y desarrollo infantil. Una contribución multidisciplinaria* (pp. 57-81). Buenos Aires: Paidós.
- Petropoulos, E., Dalal, K., & Timiras, P. (1972) Effects of high altitude on myelinogenesis in brain of the developing rat. *American Journal of Physiology*, 223, 951-957.
- Pollitt, E. (2002). *Consecuencias de la Desnutrición en el Escolar Peruano*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Pollitt, E. (2007). *Desnutrición, Pobreza e Inteligencia*. (2ª ed.). Lima: Editorial Universitaria.
- Pollitt, E., León, J. & Cueto, S. (2007). Desarrollo infantil y rendimiento escolar. En GRADE (editor). *Investigación, Políticas y Desarrollo en el Perú* (pp. 486-535) Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo.
- Pollitt, E. & Caycho T. (2010). El desarrollo motor como indicador del desarrollo infantil durante los primeros dos años de vida. *Revista de Psicología- Pontificia Universidad Católica del Perú*, 28(2), 385-413.
- Portocarrero, F., Vásquez, E. & Yamada, G. (editores) (2010). *Políticas sociales en el Perú. Nuevos desafíos*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad del Pacífico, Instituto de Estudios Peruanos, Red para el desarrollo de las ciencias sociales en el Perú.
- Saco-Pollitt, C. (1981). Birth in the Peruvian Andes: physical and behavioural consequences in the neonate. *Child Development*, 52, 839-846.
- Saco-Pollitt, C. (1989). Ecocultural context and developmental risk: birth in the high altitudes (Peru). En K. Nugent, B. Lester & T. Brazelton (Eds.). *The cultural context of infancy: Biology, culture, and infant development* (pp. 3-25). Westport, CT: Ablex Publishing.
- Siegel, H.; Stoltzfus, R., Kariger, P., Katz, J., Khatry, S., Leclercq, S., Pollitt, E. & Tielsch, J. (2005). Growth indices, anemia, and diet independently predict motor milestone acquisition of infants in South Central Nepal. *Journal of Nutrition*, 135(12), 2840-2844.
- Small, C., & Cohen, J.E. (2004). Continental physiography, climate and the global distribution of human population. *Current Anthropology*, 45, 269-277.
- Sobrevilla, L. (1971) Análisis matemático de la relación ponderal placenta: recién nacido en la altura. En R. Guerra García (Ed.), *Estudios sobre la gestación y el recién nacido en la altura*. Lima: Universidad Cayetano Heredia.

- Timiras, P. & Wooley, D. (1966) Functional and morphological development of brain and other organs at high altitude. *Federation Proceedings*, 25, 1312-1320.
- Tronick, E., Thomas, R. & Daltabuit, M. (1994). The Quechua Manta Pouch: A Caretaking Practice for Buffering the Peruvian Infant Against the Multiple Stressors of High Altitude. *Child Development*, 65(4), 1005–1013.
- Valdivia, M. (2002). *Acerca de la magnitud de la inequidad en salud en el Perú*. Documento de trabajo 37. Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo.
- Virués-Ortega, J., Garrido, E., Javierre, C., & Kloezeman, K. (2006). Human behaviour and development under high-altitude conditions. *Developmental Science*, 9, 400–410.
- Virués-Ortega, J., Garrido, E., Javierre, C. & Rivero, P. (2008). *Funcionamiento neuropsicológico bajo condiciones de hipoxia aguda y crónica asociada a la altitud*. *Archivos de Biología Andina*, 14(1), 40-50
- Virués-Ortega, J., Bucks, R., Kirkham, F., Baldeweg, T., Baya-Botti, A. & Hogan, A. (2011). Changing patterns of neuropsychological functioning in children living at high altitude above and below 4000 m: a report from the Bolivian Children Living at Altitude (BoCLA) study. *Developmental Science*, 14(5), 1185–1193
- Walker, S., Wachs, T., Gardner, J., Lozoff, B., Wasserman, G., Pollitt, E. & Carter, J. (2007). Child development in developing countries 2 –Child development: risk factors for adverse outcomes in developing countries. *Lancet* 369(9556), 145–157.

Recibido: 18 de febrero del 2012

Aceptado: 16 de abril del 2012

