

Tomás Caycho Rodríguez [1]

Una aproximación a la influencia de la altura en el funcionamiento neuropsicológico y la adquisición de hitos motores en la infancia

Influence of height in neuropsychological functioning and acquisition of motor milestones in children

Uma abordagem da influência da altura no funcionamento neuropsicológico, e aquisição de marcos motores na infância

[1] Instituto de Investigación de la Facultad de Psicología y Trabajo Social. Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima, Perú

Resumen

Se tiene como objetivo presentar una breve revisión acerca de los efectos de la altura sobre el nivel del mar en el funcionamiento neuropsicológico y la adquisición de hitos motores en la infancia. Si bien, en el Perú, no hay datos objetivos para apoyar dicha afirmación, el razonamiento descrito aquí está de acuerdo con recientes hallazgos sobre la importancia funcional de los contextos biofísicos, que sugiere la presencia de alteraciones leves en el funcionamiento sensorio-perceptivo y psicomotor en condiciones de gran altitud.

Palabras clave: altitud, neuropsicología, hipoxia, hitos motores.

Abstract

It aims to present a brief review on the effects of height above the sea level in neuropsychological functioning and the acquisition of motor milestones in children. While in Peru, there is no objective data to support such information, the reasoning described here is based on recent findings on the functional importance of the biophysical contexts that suggests the presence of slight alterations sensorio-perceptive functioning in high altitude conditions.

Key words: altitude, neuropsychology, hypoxia, motor milestones.

Resumo

Ele tem como objetivo apresentar uma breve revisão sobre os efeitos da altitude sobre o nível do mar em funcionamento neuropsicológico e a aquisição do desenvolvimento motor na infância. Enquanto no Peru, sem dados objetivos para apoiar esta reivindicação, o raciocínio descrito aqui concorda com os resultados recentes sobre o importância funcional de contextos biofísicos, sugerindo a presença de pequenas alterações no desempenho sensorio-perceptivo e psicomotor em condições de alta altitude.

Palavras chaves: hipóxia de altitude, Neuropsicologia, motor milestones

Introducción.

En una publicación anterior (Caycho, 2012) se presentó una breve revisión acerca de los efectos de la altitud en el funcionamiento neuropsicológico en la infancia. El análisis de diferentes estudios sugirió la existencia de un patrón de deterioro cognitivo leve asociado a una exposición a grandes alturas sobre el nivel del mar. La presente comunicación breve tiene como objetivo resumir los hallazgos anteriores complementando esa información con evidencia acerca del efecto de la altitud sobre la adquisición de hitos motores en la primera infancia, interpretando los resultados a la luz de los modelos teóricos contemporáneos del desarrollo.

Países como Perú, Bolivia, China, Etiopía, India y Nepal, entre otros, cuentan con grupos poblacionales que viven por encima de los 2.500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (Small & Cohen, 2004). Las personas que habitan estos contextos están expuestas a un ambiente biofísico diferente de otros lugares del mundo (ver figura 1), caracterizado por la reducción del oxígeno y la presión barométrica, disminución de la humedad relativa y fuerza de gravedad, así como el

aumento de la radiación solar y variaciones marcadas de temperatura en períodos cortos (Beall, 2000a, Beall, 2000b, Bartsch & Saltin, 2008). Los efectos de la hipoxia de altura no sólo se observan en las poblaciones rurales de bajos ingresos de 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 estudios acerca de los efectos de la altura han recibido mayor atención de las ciencias biológicas, siendo Perú uno de los primeros en interesarse por el



Figura 1. Países en el mundo con zonas a más de 2500 msnm Tomado de Niermeyer, Andrade Mollinedo & Huicho, 2009, p. 807.

problema en Latinoamérica. En el Perú, los estudios sobre fisiología de altura presentan un mayor grado de excelencia, lo que se expresa en sus numerosos aportes de relevancia mundial (Cueto, 1990). En este contexto, la figura del médico peruano Carlos Monge Medrano es importante. Fue él quien propuso y dio popularidad a la idea de la raza andina, a través de características físicas, anatómicas, sociológicas, comportamentales, demográficas y epidemiológicas particulares y distintas a los habitantes a nivel del mar. Así, Monge daba inicio a un nuevo modelo que guiaría futuros trabajos de investigación (Cueto, 1990). Es importante hacer notar que el planteamiento de Monge estaba influido por la cultura de su tiempo, donde, a inicios de 1920, la cultura andina en general buscaba ser reivindicada (Cueto, 1990).

Efectos de la altitud en el funcionamiento neuropsicológico

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). Hackett (1999) señala que la vulnerabilidad del sistema nervioso frente a la hipoxia se empieza a observar claramente en altitudes cercanas a los 2500 m.s.n.m. Estudios con animales señalan que 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 3500 a 4000 m.s.n.m. (Petropoulos, Dalal & Timiras, 1972). La multiplicación celular y mielogénesis son relativamente lentos en crías de ratas expuestas a condiciones de gran altitud (Cheek, Grayston & Rowe, 1969), lo que se relaciona con impedimentos funcionales del sistema nervioso central (Timiras & Wooley, 1966).

En humanos, los estudios sobre los efectos de la altura en el funcionamiento neuropsicológico son también escasos. A nivel latinoamericano, Haas (1976), estudiando infantes peruanos de 2 meses a 24 meses de vida, residentes en altitudes alrededor de los 3780 m.s.n.m., reporta que no se evidencian alteraciones 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.

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. eran menos atentos a los estímulos visuales y auditivos del medio ambiente, menos activos, con movimientos menos suaves y menos propensos a mantener la cabeza en alto, cuando se pasó de una posición de echado a una posición de sentado. Este resultado es similar a aquellos arrojados para niños a término de bajo peso y recién nacidos desnutridos en poblaciones con malnutrición endémica de América Latina, Asia y África (Pollitt, 2002). La mayor prevalencia de retraso del crecimiento intrauterino y bajo peso al nacer (Moore, et al., 2004) en poblaciones residentes a gran altitud (por encima de los 2500 y 3000 m.s.n.m.), junto con un aumento en la prevalencia de desnutrición crónica en niños menores de cinco años conforme aumenta la altitud de residencia (Beltrán & Seinfeld, 2010) está asociado con una mayor prevalencia de disfunción

cerebral mínima (Fitzhardinge & Steven, 1973) (Fig. 2). Esta información es relevante para los países andinos de América.

Estudios más recientes como el de Hogan y colaboradores (2010) describen 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.). La evaluación neuropsicológica 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 junto con una disminución del metabolismo cerebral y el flujo sanguíneo.

Del mismo modo, Virués-Ortega, et al. (2011) realizaron una evaluación neuropsicológica a 62 niños y adolescentes bolivianos que viven en La Paz (3700 m.s.n.m.) y El Alto (4100 m.s.n.m.) equivalentes en edad, género, clase social, educación, educación de los padres y mezcla genética, que incluye pruebas de funciones ejecutivas, atención, memoria y rendimiento

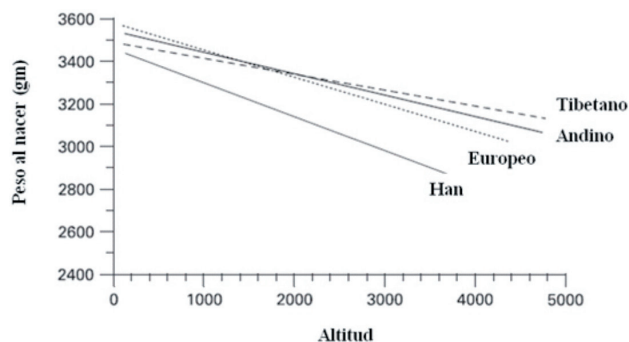


Fig. 2. Disminución de peso al nacer de acuerdo a la altitud en cuatro poblaciones . Los datos son valores promedio para 4 millones de nacimientos que ocurren en las poblaciones y altitudes representadas. Las líneas de regresión de ajuste para los datos presentados, ponderados por el tamaño de la muestra 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.

psicomotor. Los resultados mostraron que, los participantes que viven en extrema altitud evidencian niveles más bajos de rendimiento en todas las pruebas ejecutivas, así mismo, se describen pequeños cambios en la velocidad de procesamiento. La evidencia de la pérdida de la autorregulación cerebral por encima de los 4.000 m.s.n.m. sugiere un umbral potencial

de la gravedad de la hipoxia sobre el funcionamiento neuropsicológico que puede ser importante. Los resultados demuestran que por encima de este umbral, el cerebro en desarrollo es más vulnerable a déficit neuropsicológicos.

Efectos de la altitud en la adquisición de hitos motores

El estudio de la adquisición de las habilidades motoras ha sido tema de diversas investigaciones (Kariger, et al., 2005; Kuklina et al., 2004; Siegel, et al., 2005). La emergencia de un nuevo hito motor es un punto de transición en el desarrollo al ampliar el repertorio de conductas del infante y modificar el curso de desarrollo hacia una mayor complejidad conductual. Contrario a esta postura tradicional, que consideraba al factor maduracional como primordial en el proceso del logro de la locomoción, en la actualidad diversas prácticas de crianza pueden acelerar el inicio de ciertas habilidades motoras, mientras que otras, pueden retrasar el inicio del mismo (Adolph, 2010). Lamentablemente los estudios que relacionan altura sobre el nivel del mar y desarrollo motor son escasos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) realizó el estudio Normativo del Desarrollo Motor (OMSDM) (De Onis, Garza, Onyango & Martorell, 2006), que tenía como objetivo describir el desarrollo motor grueso y obtener un estándar internacional con el cual se pueda comparar diferentes poblaciones de infantes sin problemas de salud, privaciones ambientales y económicas y que hayan nacido en ciudades ubicadas a una altitud por debajo de los 1.500 m.s.n.m., durante los dos primeros años de vida en infantes (Wijnhoven, et al., 2004). El estudio de la OMS tenía carácter normativo concentrándose en 6 hitos motores gruesos: Sentarse sin apoyo, gatear, pararse con apoyo, caminar con apoyo, pararse solo y caminar solo, considerados como importantes para la adquisición de la locomoción (Wijnhoven, et al., 2004). Pero, la ausencia de variables nutricionales, culturales y biofísicas en la definición de normas del desarrollo motor traería como consecuencia, una inadecuada identificación de niños con retraso en ciertas habilidades motoras o que tienen un desarrollo normal, aunque en realidad, no sobrepase el percentil seleccionado para la población de referencia (Ponce de León, 2008).

Adolph (2010) considera, luego de analizar diversos estudios transculturales, que no es posible establecer una secuencia universal del desarrollo motor. Esto es importante teniendo en consideración que, de las áreas de desarrollo infantil, el desarrollo motor grueso es un indicador apropiado del desarrollo infantil integral en los dos primeros años de vida. (Pollitt & Caycho, 2010). En relación a la altitud, nos preguntamos si la información presentada por el estudio de la OMS es relevante para la adquisición de los hitos de desarrollo motor en países que cuentan con poblaciones que viven por encima de los 3.000 m.s.n.m.

Para tratar de responder a esto, la evidencia señala que en poblaciones residentes a gran altitud existe una mayor prevalencia de retraso del crecimiento intrauterino y bajo peso al nacer (Saco-Pollitt, 1981; Mortola, Frappell, Agüero & Armstrong, 2000; Huicho & Pawson, 2003, Dang, Yan & Yamamoto, 2008). Esto es importante pues estudios longitudinales mencionan que entre infantes sanos y bien nutridos aquellos con más peso tienden a caminar a edades tempranas

(Adolph, 1997). Esto es debido, probablemente a que niños con menor peso presentan menor fuerza muscular necesaria para caminar (Siegel et al., 2005). Así mismo, existen razones para pensar que retrasos en el desarrollo motor, en condiciones de alta altitud, puede estar relacionado con retrasos en el desarrollo mental (Saco-Pollitt, 1981).

El manejo de factores ambientales y genéticos que influyen en el sistema nervioso central es un importante problema en este tipo de estudios (Huicho & Pawson, 2003). La ausencia de diferencias en las capacidades psicomotoras en muestras de niños quechuas y mestizos de edades entre los 2 y 24 meses de vida (Haas, 1976) puede ser explicado por la incapacidad de manejo de las variables antes mencionadas.

Comentario Final

Como observamos, si bien el cerebro es muy sensible a la hipoxia ambiental, existen pocos datos que abordan el impacto de la hipoxia de altura en el

desarrollo y la adaptación de las capacidades cognitivas superiores y adquisición de conductas motoras. Sólo unos pocos estudios en niños han sido publicados (Saco-Pollitt, 1981; Bender, Auer, Baran, Rodríguez & Simeonsson, 1994; Hogan, et al., 2010; Virués-Ortega, et al., 2011). La literatura revisada sugiere la presencia de alteraciones leves en el funcionamiento sensorio-perceptivo y psicomotor en condiciones de gran altitud. Si bien, en el Perú o en otros países latinoamericanos, no hay datos concluyentes para apoyar dicha afirmación, el razonamiento descrito está de acuerdo con los argumentos recientes sobre la importancia funcional de los contextos biofísicos (Gottlieb, Wahlsten, & Lickliter, 2006; Gottlieb, 2007).

Hoy se reconoce que el desarrollo es un proceso multidimensional caracterizado por la emergencia de nuevas estructuras y funciones debidas a la continua interacción y efectos recíprocos entre las dimensiones que componen los dominios en el ser humano y su entorno (Pollitt & Caycho, 2010). Esta conceptualización está representada en la teoría de G. Gottlieb. A partir de la biología del desarrollo, Gottlieb formuló una

teoría denominada Epigénesis Probabilística como el marco teórico adecuado para el estudio científico del desarrollo humano (Gottlieb, 1991a, 2007). La noción acerca de la influencia independiente de los genes y el ambiente sobre el comportamiento ha tenido varios adeptos, a pesar de la evidencia que indica una falta de capacidad, de tal idea, en la explicación del comportamiento (ver por ejemplo, Faselow & Poulos, 2004). Desde sus primeros trabajos publicados sobre su teoría epigenética, Gottlieb puso en duda la validez de la noción de que el código o información presente en los genes fluye hacia la formación de estructuras preestablecidas que cumplen funciones concretas, dando lugar a que la contribución genética sea autónoma e inamovible (Gottlieb, 1991a).

En lugar del pre-determinismo, Gottlieb propuso que la actividad genética es originalmente una respuesta a señales que provienen del ambiente tanto interno como externo al organismo. Es decir, él 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 (Fig. 3).

Así, Gottlieb concluye que una interpretación de la psicología desde el desarrollo, conlleva a que la confrontación de los genes vs ambiente es una alternativa simplista para entender el comportamiento (Ortega, 2007). Más bien, considera que el desarrollo es determinado por interacciones activas entre sus componentes o sistemas como el ambiente, comportamiento, actividad neural y actividad genética (Gottlieb, 1991b, 2007; Gottlieb, Wahlste & Lickliter, 2006).

Teniendo en cuenta el modelo descrito y las investigaciones reseñadas, y desde un punto de vista biológico y cultural, el mecanismo explicativo de la posible relación entre la altura sobre el nivel del mar, el funcionamiento neuropsicológico y la adquisición de hitos motores se basa en evidencia que sugiere que la baja presión barométrica en la altura, asociada a una reducción de la presión del oxígeno inspirado y la presión arterial de oxígeno, además de la saturación de hemoglobina, influye en el aporte del oxígeno al

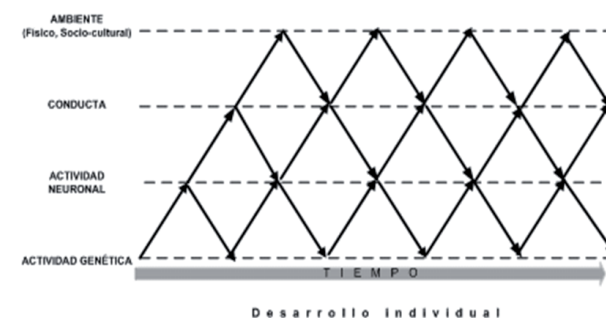


Fig. 3. Modelo Metateórico de Epigénesis Probabilística (adaptación de figura de Gottlieb, 2007).

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). La figura 4 muestra el proceso biológico subyacente al deterioro neurológico causado por la exposición a condiciones de gran altitud.

Junto a la altitud, existen aspectos culturales que median 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 usado por los pobladores 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, la exploración puede verse limitada, lo que refleja el efecto de un comportamiento cultural y no necesariamente un efecto exclusivo de la hipoxia de altitud. A pesar de esto, no se tiene evidencia empírica suficiente sobre el papel de éstos mecanismos adaptativos en la protección de las consecuencias adversas (Huicho & Pawson, 2003).

Siguiendo lo recomendado por Huicho y Pawson (2003) se hacen necesario, en los países andinos, la realización de estudios acerca del desarrollo prenatal y postnatal del sistema nervioso de niños en

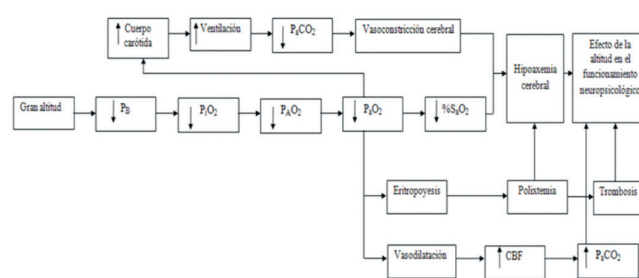


Fig. 4. El proceso biológico subyacente al deterioro neurológico causado por la altitud.

Nota: Tomado de Virués-Ortega, Garrido, Javierre & Kloezeman, 2006, p. 402. CBF= flujo sanguíneo cerebral, P = presión barométrica, PO = presión de la inspiración de oxígeno en la tráquea, PAO2 = presión de oxígeno alveolar, Pa O2 = presión parcial de oxígeno en arterias, Pa CO2 = presión parcial de dióxido de carbono en arterias, %Sa O2 = porcentaje de saturación de hemoglobina en las arterias.

la altura, con el fin de conocer los efectos a mediano y largo plazo de la hipoxia junto con otros factores ambientales y genéticos que pudieran causar algún tipo de confusión con los resultados. Por ejemplo, la comparación de poblaciones nativas de altura con otras que no lo son, demuestran que aquellas

presentan un mayor grado de adaptación a la altura, lo que las haría más protegida contra los efectos a largo plazo. A nivel biológico esta mejor adaptación se expresa a través de un mayor peso y talla al momento del nacimiento así como niveles altos de saturación arterial de oxígeno (Huicho & Pawson, 2003).

Esto nos señala también líneas de investigación futura que sirvan como potencial base para la formulación de políticas de salud pública, teniendo en consideración que la evidencia no es suficiente para brindar recomendaciones definitivas. En líneas generales, se señala (Huicho & Pawson, 2003) que la mejora de las condiciones de vida de las poblaciones que habitan zonas de gran altitud puede minimizar el efecto de la hipoxia, permitiendo un desarrollo extrauterino en condiciones normales.

Received: 05/02/2014

Accepted: 18/04/2014

Referencias

- Adolph, K. (1997). Learning in the development of infant locomotion. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 62, 1-140.
- Adolph, K. (2010). Motor skill. En M. Bornstein (Ed.), *Handbook of cultural developmental science*. (pp. 61-88). New York: Psychology Press.
- 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. doi: 10.1111/j.1600-0838.2008.00827.x
- 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.
- 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. (2012). Aproximación a la influencia de la altura en el funcionamiento neuropsicológico infantil. *Revista de Psicología*, 14(1), 106-117
- 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.
- Cueto, M. (1990). Entre la teoría y la técnica: los inicios de la fisiología de altura en el Perú. *Bulletin Institute Fréttudes Andines*, 2, 431-441, pp.432, 435.
- 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. doi:10.1038/sj.ejcn.1602711

- De Onis, M.; Garza, C.; Onyango, A. & Martorell, R. (2006). WHO Child Growth Standards. *Acta Pædiatrica*, 95(supplement 450), 5-101.
- Fitzhardinge, P. & Steven, E. (1973). The small-for-date infant, II: Neurological and intellectual sequelae. *Pediatrics*, 50, 50-57.
- Fanselow, F. S; Poulos, A. M. (2004). The neuroscience of mammalian associative learning. *Annual Review of psychology*, 56, 1.1-01.28. DOI: 10.1146/annurev.psych.56.091103.070213
- 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. doi: 10.1111/j.1467-7687.2007.00556.x
- 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, Ybarnegaray 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. doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00909.x
- 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.
- Kariger, P., Stoltzfus R., Olney D., Sazawal S., Black R., Tielsch J., Frongillo E., Khalfan S., & Pollitt E., (2005). Iron deficiency and physical growth predict attainment of walking but not crawling in poorly nourished Zanzibari infants. *Journal of Nutrition*, 135, 814-819.
- Kuklina, E., Stoltzfus, R., et al. (2004). Growth and diet quality are associated with the attainment of walking in rural Guatemalan infants. *Journal of Nutrition*, 134(2), 3296-3300.
- 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.
- Ortega, L. (2007). Gilbert Gottlieb (1929-2006). *Revista Latinoamericana de Psicología*, 39(1), 183-186
- 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. doi: 10.1002/ajhb.1056
- 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. & Caycho T. (2010). El desarrollo motor como indicador del desarrollo infantil durante los primeros dos años de vida. *Revista de Psicología*, 28(2), 385-413.
- Ponce de León, S. (2008). The WHO multicentre growth reference study and altitude above sea level. An Example of Hypsometric bias? *High Altitude Medicine & Biology*, 9(3), 249-251.

- 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.
- 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.
- Virués-Ortega, J., Garrido, E., Javierre, C., & Kloezeman, K. (2006). Human behaviour and development under high-altitude conditions. *Developmental Science*, 9, 400–410. doi: 10.1111/j.1467-7687.2006.00505.x
- 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
- Wijnhoven, T., De Onis, M., Onyango, A., Wang, T., Bjoerneboe, G., Bhandari, N., Lartey, A. & Al Rashidi, B. (2004). Assessment of gross motor development in the WHO Multicentre Growth Reference Study. *Food Nutrition Bulletin*, 25(1), S37-S45.