

## Efectos de la altitud sobre la habilidad cognitiva compleja

### Altitude's effects on complex cognitive ability

Federico R. León<sup>1,a,b,\*</sup> & Edvard Avilés<sup>2,c</sup>

<sup>1</sup>Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú.

<sup>2</sup>Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

<sup>a</sup>Doctor M.A. University of Detroit, PhD. University of Maryland. Socio de León & Bustamante Consultores, <sup>b</sup>Profesor a tiempo parcial, <sup>c</sup>Estudiante del último año de la carrera de Psicología.

**Recibido:** 30-10-13

**Aprobado:** 20-01-14

#### \*Correspondencia

**Email:** federicorleone@gmail.com

#### Notas

El Centro de Investigación de la Universidad San Ignacio de Loyola (USIL) subvencionó la realización del presente estudio.

#### Citar Como:

León, F., & Avilés, E. (2013). Efectos de la altitud sobre la habilidad cognitiva compleja. *Propósitos y Representaciones*, 1(2), 31-56. doi: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2013.v1n2.26>

## Resumen

El prejuicio costeño sobre la inferioridad intelectual del andino ha sido discutido en ámbitos científicos peruanos e internacionales en los siglos XIX y XX, pero no ha sido abordado sistemáticamente por la psicología peruana. El presente estudio ofrece predicciones a partir de la observación sobre los efectos cognitivos de la pobre oxigenación, varias teorías evolucionarias del frío y la inteligencia, así como la teoría de los efectos intelectuales de la radiación UV<sub>B</sub> y la vitamina D<sub>3</sub>. Las hipótesis fueron evaluadas en las vertientes del Pacífico y el Atlántico de la franja latitudinal de 8° a 10° de latitud sur mediante análisis de puntajes de matemática y comprensión de textos de niños de segundo de primaria de la Muestra de Control 2011 del Ministerio de Educación (N = 25,058). Los resultados de la investigación sugieren fuertemente que, si ocurren daños en la habilidad cognitiva compleja a altos niveles de altitud, estos solo afectan a las personas no adaptadas a la altura.

**Palabras clave:** Efecto, altitud, habilidad cognitiva.

## Summary

The coastal prejudice on the intellectual inferiority of Andean populations has been examined in scientific fora of Peru and abroad during the 19th and 20th centuries, but has not been systematically addressed by Peruvian psychology. Predictions were derived in this study from observations on cognitive effects of poor oxigenation, several evolutionary theories on cold and intelligence, and the theory of intellectual impacts of UVB radiation and vitamin D<sub>3</sub>. The hypotheses were evaluated at both sides of the Andean mountains within a latitudinal segment (8° to 10° S) by analyzing mathematics and reading comprehension scores of children in 2nd grade of primary instruction from the 2 011 Control Sample of the Ministry of Education (N = 25 058). The findings strongly suggest that, if deficits in complex cognitive ability occur, they only affect persons not adapted to altitude.

**Key words:** Effect, altitude, cognitive abilitie

Es hora de evaluar el viejo prejuicio que existe en el Perú sobre el andino –es decir, el hombre de altura– como persona de inteligencia menor que la del promedio nacional. En los ambientes académicos peruanos se prefiere mirar a otro lado, haciendo como si el prejuicio no existiera, pero el mismo se manifiesta ampliamente en ámbitos privados costeños y, de vez en cuando, emerge en las primeras páginas de los diarios nacionales, como cuando el padre de una candidata presidencial limeña llamó “auquérido de Harvard” a un contendor de ella nacido a 3,224 msnm o cuando otro candidato presidencial, hijo de inmigrantes noreuropeos, se refirió al daño cerebral que causa la falta de oxígeno en la altura para desmerecer una opinión política contraria a la de él.

El prejuicio, sin embargo, podría ser, más bien, una verdad científica. Un libro recientemente publicado, *El peruano y su entorno: Aclimatándose a las alturas andinas* (Lossio, 2013), da cuenta de la evolución de las creencias sobre las relaciones entre altitud y diversos rasgos físicos y psicológicos en ámbitos científicos peruanos e internacionales en los últimos dos siglos, así como de los esfuerzos del médico Carlos Monge y sus cotrabajadores por explicarlas. No obstante, con pocas excepciones (Saco-Pollitt, 1981), el tema ha sido ignorado por la psicología peruana. Por eso, en la investigación que describe el presente artículo se puso a prueba la validez empírica de hipótesis derivadas de tres perspectivas teóricas sobre el efecto de la altitud en la habilidad cognitiva compleja del niño peruano.

### **Hipótesis de la oxigenación**

El principal problema que supone la altitud para los humanos es la hipoxia hipobárica resultante de la baja presión barométrica (Beall, 2006). En general, cualquier organismo sometido a condiciones como las existentes por encima de los 3,000 msnm tiene que lidiar con la adaptación a la escasa disponibilidad del oxígeno indispensable para el metabolismo celular (Decker & Van Holde, 2011; Lutz, Nilsson & Prentice, 2003). Los principales efectos ocurren en tres sistemas biológicos: el respiratorio, el cardiovascular y el nervioso. Los procesos asociados con el transporte de oxígeno son la ventilación en reposo, la respuesta hipóxica ventilatoria, la saturación de oxígeno de la hemoglobina arterial y la concentración de hemoglobina (West, Schoene & Milledge, 2007).

La hipoxia produce vasodilatación cerebral, mientras que la reducida presión parcial de dióxido de carbono en las arterias causa vasoconstricción. Los dos factores se ven conflictuados como consecuencia de la altitud y dañan funciones neuropsicológicas necesarias para tareas cognitivas complejas (West, Schoene & Milledge, 2007). Así, se ha demostrado que la altitud en personas no adaptadas a ella puede ocasionar deficiencias en el funcionamiento del sistema nervioso incluso desde los 2,500 msnm (Pagani, Ravagnan & Salmaso, 1998). Los estudios revelan daños en la memoria de corto plazo (Hopkins, Kessner & Goldstein, 1995; Hornbein, Townes, Shoene, Sutton & Houston, 1989), problemas perceptuales y de atención (Hayashi, Matsuzawa, Kubo & Kobayashi, 2005), problemas ligados al lenguaje, como afasias fluentes (Botella, Garrido & Catalá, 1993), y problemas en la memoria de trabajo (Yan, Zhang., Gong & Weng, 2011a, 2011b) y en las funciones ejecutivas (Virúes-Ortega, Garrido, Javierre & Kloezeman, 2006). También se ha demostrado la ocurrencia de déficits más específicos, como la dificultad para evocar nombres propios (Pelamatti, Pascotto & Semenza, 2003), y más generales, como una mayor lentitud en el desarrollo fetal y conductual del neonato (Giusianni, Phillips, Anstee & Barker, 2001; Moore, Shelton & Colleen, 2011; Saco-Pollitt, 1981).

El andino del Perú es un hombre que se ha ido habituando a los rigores de la altitud desde hace más de 14 000 años, pero no tanto como el hombre de Nepal o el del Tibet, quienes tienen más de 35 000 años de adaptación a las alturas asiáticas (Nieremeyer, Zamudio & Moore, 2001). Los estudios de Beall (1997, 2000) demostraron que los tibetanos presentan 50% más eficacia que los andinos en ventilación de reposo, así como el doble de capacidad en la respuesta hipóxica ventilatoria. El promedio de saturación de oxígeno entre los tibetanos es de 89%, comparado con un 92% en los andinos. Los tibetanos también poseen niveles de concentración de hemoglobina más bajos (15.6g/dl) que los andinos (19.2g/dl). Estas diferencias tienen un correlato genético porque es diferente el coeficiente de heredabilidad ( $h^2$ ) para estos rasgos entre las dos poblaciones. Todo ello sugiere que 14 000 años de adaptación no han sido suficientes y que el hombre peruano de altura todavía es negativamente afectado por la limitada oxigenación, de lo cual se desprende la Hipótesis 1 del presente estudio: A igualdad de otros factores, el funcionamiento cognitivo del niño peruano en la altura es menos eficaz que el de quienes viven a baja altitud.

## Hipótesis del frío y el ambiente evolucionariamente novedoso

La hipótesis evolucionaria del frío y la inteligencia sostiene lo contrario. La teoría estándar de las primeras migraciones fuera de África de *Homo Sapiens Sapiens* (Zhiming, 1982; Dennell, Rendell & Hialwood, 1988), las investigaciones clásicas en genética poblacional que la confirman (Cavalli-Sforza, Menozzi & Piazza, 1994) y un reciente hallazgo de ADN humano en Siberia, según un artículo que aparece en *Nature* (News & Analysis, 2013), indican que, antes de que pasara por el aún no inundado estrecho de Bering hacia América, su ruta migratoria lo llevó desde África hasta Europa (probablemente el Cáucaso) y, de allí, al norte de Asia, donde se habría producido un mestizaje con quienes llegaban o habían llegado a China por una ruta más sureña.

De acuerdo con la hipótesis evolucionaria del frío y la inteligencia, altos niveles de habilidad intelectual se habrían desarrollado y mantenido milenariamente gracias a mecanismos genéticos de herencia en respuesta a las demandas cognitivas de sobrevivencia impuestas por los crudos pero predecibles inviernos de aquellas regiones (Lynn, 1991), en las cuales el *Homo Sapiens Sapiens* extinguió su genealogía si no fue suficientemente inteligente como para prever el siguiente invierno y prepararse adecuadamente para sobrellevarlo.

El desafío del frío ha estado ausente en las tierras tropicales bajas probablemente en los últimos 150 000 años y, con seguridad, durante los últimos 30 000 (Gasse, Chalié, Vincens, Williams & Williamson, 2008). Allí, entonces, las estaciones no lograron la diferenciación necesaria para plantear desafíos predecibles de sobrevivencia como los existentes cerca del Ártico o en las alturas andinas, etíopes, nepalesas o tibetanas. Así se explicarían los puntajes más altos obtenidos en tests de inteligencia por individuos de piel clara (más prevalentes en regiones frías) que de piel oscura (más prevalentes entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio) y por naciones de altas latitudes absolutas que de bajas latitudes absolutas (Lynn & Vanhanen, 2012).

La hipótesis es parte de varias teorías evolucionarias. Una de ellas propone que la inteligencia se desarrolló en respuesta al frío como componente de un juego de rasgos asociados con historias de vida lentas que también involucró una estrategia reproductiva de restricciones a la sexualidad y

personalidades altruistas (Rushton, 1995). Otra asume que una coevolución de alta inteligencia y baja testosterona tuvo lugar como respuesta a las demandas biológicas de asignación de energía bajo fríos intensos (Nyborg, 2013). La tercera afirma que la llamada inteligencia general surgió como una adaptación específica para resolver los problemas evolucionariamente novedosos que el *Homo Sapiens Sapiens* halló al dejar la cálida y plana sabana africana, donde había aparecido y se había desarrollado durante unos 100 a 150 milenios. El frío y la altitud habrían sido dos de esos desafíos (Kanazawa, 2008, 2010).

León (2012) hizo notar que la hipótesis evolucionaria del frío predice una inteligencia mayor del serrano que del resto de peruanos (sin contar las inmigraciones ni las migraciones internas producidas desde 1500 d.C). No solo el *Homo Sapiens Sapiens* ha vivido los últimos 14 000 años bajo el intenso frío de los inviernos altoandinos, es decir, en un contexto facilitador del desarrollo evolucionario de la inteligencia. Hasta el presente mueren de frío niños andinos de altura en invierno, cosa que nunca ocurre en la costa ni en la selva del Perú. Ello sugiere la continuidad de un mecanismo evolucionario de la inteligencia en zonas altas bajo el supuesto de que los padres que no son suficientemente inteligentes para prevenir la muerte de sus hijos por frío facilitan la extinción de genes asociados con bajas inteligencias. La teoría de la novedad evolucionaria de Kanazawa (2008, 2010) predice lo mismo desde otro ángulo: mientras más evolucionariamente novedoso sea el ambiente en términos de sus diferencias con la sabana africana, mayor debería ser la inteligencia desarrollada ahí. Independientemente del frío, la altitud y la “rugosidad” de los Andes pueden haber representado un desafío capaz de provocar un mayor desarrollo intelectual relativo a lo largo de los milenios.

De acuerdo con la FAO (Food and Agriculture Organization), la agricultura es imposible en declives mayores de seis grados. La cultura incaica superó ese problema mediante andenes que aún hoy asombran al mundo. Los mayas pueden haber alcanzado un mayor desarrollo en astronomía, pero fueron pueblos de altura (los aztecas y los incas) los que crearon Estados altamente desarrollados. Asimismo, Nunn y Puga (2009) han demostrado que las poblaciones africanas de altura han alcanzado un mayor bienestar económico que las de tierras planas, como cabría esperar considerando que la inteligencia es una fuente de riqueza de las naciones (Rindermann, 2008;

Rindermann & Thompson, 2011). De lo dicho se desprende la Hipótesis 2 de este estudio: A igualdad de otros factores, el funcionamiento cognitivo del niño peruano residente en la altura es más eficaz que el de quienes viven a baja altitud.

### **Hipótesis de la radiación UV<sub>B</sub> y la vitamina D<sub>3</sub>**

La irradiación solar, al alcanzar la superficie terrestre con mayor fuerza en el Ecuador y más débilmente a mayor distancia de la línea ecuatorial (Engelsen, Brustad, Aksnes & Lund, 2005), ha causado diferencias en la evolución humana. La piel oscura del negro actual apareció por mutación hace 1.2 millones de años y se expandió como una adaptación a la pérdida de pelo corporal bajo la intensa radiación UV<sub>A</sub> del África Ecuatorial. Cuando el negro *Homo Sapiens Sapiens* salió de África y enrumbó hacia el norte—entre 45 000 y 60 000 años atrás—, halló una débil radiación UV<sub>B</sub> en Europa y en el norte de Asia. Antes de que la raza se extinguiera por el bajo insumo de radiación UV<sub>B</sub> para la fabricación de vitamina D<sub>3</sub>—una hormona esteroide fundamental en el desarrollo óseo— brotó la piel clara aleatoriamente y se expandió porque facilitó una mayor captura de fotones UV<sub>B</sub> (Jablonsky & Chaplin, 2010). A raíz de su menor pigmentación, la piel blanca es de seis a 20 veces más eficaz que la negra capturando radiación UV<sub>B</sub> para la fabricación de vitamina D<sub>3</sub> (Signorello et al, 2010). La hipótesis evolucionaria de la inteligencia ha ignorado absolutamente el rol de la radiación UV<sub>B</sub> en el desarrollo de la inteligencia y se ha centrado en el frío como probable causa remota de las diferencias intelectuales observadas hoy en día entre poblaciones.

La teoría de León (2012, 2013) sobre la influencia de la radiación UV<sub>B</sub> en la inteligencia lleva a una hipótesis más diferenciada que las anteriores sobre el impacto de la altura en el Perú. La teoría fue formulada para explicar la relación entre cociente intelectual, color de la piel y latitud absoluta tomando en cuenta que la irradiación solar, al llegar con mayor potencia a la superficie terrestre en latitudes bajas, genera allí una producción más eficaz y continua de vitamina D<sub>3</sub>. Como quiera que esta vitamina activa genes que promueven la producción de estrógeno y testosterona (Kinuta et al., 2000; Van Anders, Hampson & Watson, 2006), las poblaciones de altas latitudes absolutas presentan menores niveles de estas hormonas sexuales en el invierno (Jones, Strungnell & De Luca, 1998; Wehr, Pitz, Boehm, März & Obermayer-Pietsch, 2008), cuando es más débil la presencia de fotones UV<sub>B</sub>.

Se puede, pues, atribuir a la escasez de radiación  $UV_B$ /vitamina  $D_3$  la estacionalidad de las concepciones humanas en latitudes absolutas altas (Cummings, 2007), las tasas menores de embarazo adolescente en el norte que en el sur de los Estados Unidos (Finer & Kost, 2011) y la tasa de fertilidad total más baja que se observa en Europa, Norteamérica y Asia Nororiental que en África, Latinoamérica y Asia del Sur y Sudoriental (Bongaarts, 2008). Las familias más pequeñas resultantes en tales hábitats producirían niños más inteligentes porque el desarrollo cognitivo del niño depende de los efectos acumulativos de la estimulación intelectual en el hogar. El ambiente intelectual hogareño consiste primariamente en la edad mental promedio de padres y hermanos: la estimulación cognitiva del niño decae con la existencia o añadidura de hermanos (Zajonc & Mullally, 1997). Estos postulados son consistentes con las muy altas correlaciones negativas entre el cociente intelectual promedio y la tasa de nacimientos o de fertilidad total observadas entre países (Lynn & Vanhanen, 2012), bajo el supuesto de que dichas tasas reflejan el tamaño de la familia a pesar de sus correlaciones positivas con la de mortalidad infantil.

Dado que la exposición a fotones  $UV_B$  es mayor a más altitud (Engelsen et al., 2005), cabe esperar un funcionamiento hormonal más pleno y, consecuentemente, familias más extensas e inteligencias menos desarrolladas en las alturas del Perú que en las tierras bajas. Esta hipótesis no solo entraña una predicción de diferencias según la altitud, sino que también sugiere predicciones diferentes respecto a la comparación de andinos con costeños y de andinos con amazónicos. Como quiera que en la costa la Corriente de Humboldt produce una bruma permanente en el invierno que filtra la radiación  $UV_B$ —lo que no es el caso de la Amazonía—, su población está menos expuesta que la amazónica a la irradiación solar. Otro filtrante de la radiación  $UV_B$  es la polución ambiental (Engelsen et al., 2005), considerablemente mayor en la industrializada costa que en la subdesarrollada Amazonía. Finalmente, el frío que trae la Corriente de Humboldt a la costa hace que la gente cubra más su cuerpo con ropa, limitando así la exposición a la irradiación solar. Lo contrario ocurre en la Amazonía debido al calor que hay ahí todo el año. De ello se desprende que las familias serán menos grandes y la inteligencia de los niños mayor en la costa que en la Amazonía.



En consecuencia, a igualdad de otros factores pueden esperarse menores niveles de habilidad cognitiva compleja entre niños andinos que entre niños costeños, pero no necesariamente respecto a los niños amazónicos. Si bien el andino recibe una mayor radiación  $UV_B$  a causa de la altitud, se protege de ella con ropa por el frío, mientras que con el amazónico ocurre todo lo contrario. Cabe anotar aquí que el supuesto de mayor actividad sexual debida a la altitud por la mayor exposición a radiación  $UV_B$  parece oponerse a la evidencia de una menarquia tardía (Gonzales & Ortiz, 1994) y de una menopausia temprana en la altitud extrema (Gonzales & Villena, 1997), pero es consistente con los niveles de testosterona observados entre hombres peruanos de altura (Gonzales, Tapia, Gasco & Gonzales-Castañeda, 2011) y entre bolivianos de piel más clara en la altura (Beall et al, 1992).

La investigación puso a prueba las hipótesis tomando en cuenta que la teoría de la radiación  $UV_B$  predice diferentes resultados a la misma altitud en la costa y en la Amazonía y que el bienestar material está influenciado por el grado de cercanía al mar e influye en la inteligencia. Mellinger, Sachs y Gallup (1999) demostraron que el acceso a aguas navegables es un factor de desarrollo económico mayor que muchas otras variables. El acceso al mar es una variable crucial en una investigación como esta dadas las relaciones que hay entre desarrollo económico e inteligencia de los pueblos. Por ejemplo, está demostrado que la pobreza malogra el funcionamiento cognitivo a través de su influencia en los estados de ánimo (Mani, Mullainathan, Shafir & Zhao, 2013). En efecto, el desarrollo de la costa no es el mismo que el de las otras regiones peruanas. La navegabilidad de algunos ríos amazónicos no contrarresta los efectos económicos del aislamiento sufrido a causa de la debilidad de su interconexión vial. Es decir, la comparación en inteligencia del andino con el costeño no entrañaría lo mismo que la del andino con el amazónico. En tales comparaciones, el costeño tiene la ventaja de la cercanía al mar y de una menor exposición a la radiación  $UV_B$ , y el amazónico, la desventaja de su aislamiento y de una mayor exposición a esta.

La prueba de hipótesis del presente estudio se realizó diferenciando dos áreas geográficas con variaciones de altitud igualmente fuertes: una que va desde el litoral peruano hasta las altas cumbres andinas y otra que va desde las altas cumbres hasta la frontera este del país; es decir, las vertientes fluviales del Pacífico y del Atlántico. Se recurrió, asimismo, a covariables

sociales descritas más abajo como variables de control. Por el lado de las variables dependientes, debido a la escasez de mediciones directas del cociente intelectual, fue necesario tratar las evaluaciones rigurosas de escolares como mediciones virtuales de inteligencia. Si bien los puntajes de tests cognitivos y de evaluaciones de escolares pueden no ser exactamente isomórficos dentro de países, las correlaciones reportadas entre los dos tipos de variables van desde .77 hasta .94 (Kaufman, Reynolds, Liu, Kaufman & McGrew, 2012) y los respectivos rasgos latentes correlacionan por encima de .80 (Sonnleitner, Keller, Martin & Brunner, 2013). Además, Rindermann (2007) ha demostrado que ambos son parte de un factor general (g) de habilidad cognitiva compleja entre naciones.

## **Método**

### **Población y muestra.**

Los datos del estudio se originaron en un censo nacional de dos días llevado a cabo por el Ministerio de Educación del Perú en noviembre de 2011 y que generó respuestas de 506 347 niños de segundo de primaria, es decir, de ocho años de edad. Ellos contestaron a pruebas de matemática y comprensión de textos en 22 444 colegios que tenían al menos cinco estudiantes y proporcionaban la instrucción en castellano. Aunque las barreras de acceso les impidieron a los recolectores de datos lograr una cobertura completa del universo de distritos ( $N = 1\ 834$ ), se logró abarcar el 95% de ellos. Previendo que algunos no serían alcanzados o no se llegaría a la cobertura deseada de 80% de colegios y de 90% de estudiantes dentro de los distritos comprendidos, el ministerio diseñó una Muestra de Control representativa del total nacional ( $n = 159\ 511$ ; 51.1% de hombres, 49.9% de mujeres). Con el objetivo de evitar contaminaciones por los efectos de la latitud predichos por la teoría de la radiación  $UV_B$ , se seleccionó solo los distritos comprendidos entre los grados 8° y 10° de latitud sur de la Muestra de Control, que fue obtenida del portal de Internet de la Oficina de Medición de la Calidad del ministerio.

### **Instrumentos y técnicas utilizadas en la recolección de datos.**

#### ***Puntajes de matemática y comprensión de textos.***

Los análisis psicométricos del Ministerio de Educación reflejaron conformidad de los puntajes obtenidos al modelo Rasch, produjeron coeficientes de confiabilidad de .89 (matemática) y .87 (comprensión de textos), de acuerdo

con el criterio de separación de personas, y mostraron una fuerte evidencia de unidimensionalidad. Los puntajes fueron estandarizados con 500 puntos de promedio y 100 de desviación estándar cada uno (Burga, 2011).

### ***Vertientes occidental y oriental.***

La vertiente del Pacífico comprendió todos los distritos costeros de La Libertad y Áncash, entre Trujillo y Huarmey, y las alturas hasta la Cordillera Blanca y su proyección hacia el norte. Las ciudades más grandes incluidas fueron Trujillo, Chimbote y Huaraz. La vertiente del Atlántico comprendió distritos de La Libertad y Áncash, al este de la Cordillera Blanca y su proyección norteña, y todos los de Huánuco y Ucayali entre los grados 8° y 10°. Las ciudades más grandes incluidas fueron Huánuco, Tingo María y Pucallpa.

### ***Rangos de altitud por distrito.***

La medición de altitud, referida a la superficie del distrito y al número de metros sobre el nivel del mar al que se encuentra, provino del portal de Internet del Ministerio de Educación. Tres rangos de altitud fueron creados: hasta 1 500 msnm, de 1 501 a 3 000 msnm y por encima de los 3 000 msnm.

### ***Edad y tasa de nacimientos por distrito.***

Se usó la edad como indicador de la juventud de los hogares y el número de hijos por persona como indicador del tamaño de la familia. La información provino del Censo Nacional de Población y Vivienda de 2007 (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2008).

### ***Codeterminantes de la inteligencia por distrito.***

Se utilizaron dos variables provenientes del Informe de Desarrollo Humano: Perú 2009 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2009). El ingreso familiar per cápita excluye del PBI las ganancias empresariales y se expresa en el gasto mensual en nuevos soles. La pobreza limita el buen funcionamiento intelectual (Mani et al., 2013). El logro educativo –calculado por PNUD como el resultado de la suma de la tasa de alfabetismo, de la asistencia a la educación básica y de otros aspectos– es ampliamente conocido por sus efectos en la inteligencia (Nisbett et al., 2012).

### ***Promedio distrital de localización del colegio.***

Se tuvo en cuenta si el colegio estaba situado en el ámbito urbano o en el ámbito rural. El acceso a la educación es más difícil en áreas rurales y, en ellas, la gente está más expuesta que en las urbanas a la radiación UV<sub>B</sub>.

### **Técnicas de análisis de datos.**

Al calcularse los promedios y las correlaciones entre todas las variables del estudio, además de la dicotomía entre las vertientes occidental y oriental con los rangos de altura, todos ellos fueron utilizados como factores fijos en un diseño factorial analizado con un modelo lineal general para evaluar los efectos de cada factor y su interacción (Modelo 1) separadamente sobre los puntajes de matemática y comprensión de textos. El juego completo de análisis fue replicado con la introducción de la edad, la tasa de nacimientos, el ingreso familiar per cápita, el logro educacional y la dicotomía urbano-rural como covariables (Modelo 2).

### **Resultados**

En la tabla 1 se puede notar que el incremento de los promedios de altitud se acelera en los tramos altos y que las áreas bajas presentan mejores indicadores sociales que las otras. La población de la vertiente oriental es consistentemente más joven, tiene más hijos y es más rural que la de la vertiente occidental, mientras que en torno a la riqueza y a la educación hay una tendencia hacia lo contrario. Los niveles intermedios de altitud se comportaron de manera opuesta en las dos vertientes respecto a la mayoría de variables.

Tabla 1

*Promedios de seis variables para tres niveles de altitud de cada área geográfica del estudio*

Variables	Vertiente occidental			Vertiente oriental		
	< 1 501	1 501-3 000	> 3 000	< 1 501	1 501-3 000	> 3 000
Altitud	68	2 600	3 131	286	2 277	3 354
Edad promedio	29.1	28.6	28.8	25.7	25.7	25.8
Tasa de nacimientos	2.34	2.81	2.54	2.81	3.34	3.55
Ingreso per cápita	458	246	326	324	207	170
Logro educacional	92.7	78.5	89.2	90.6	81.8	81.5
Proporción rural	.01	.22	.09	.13	.30	.53
(N)	(7,991)	(985)	(2.114)	(8.200)	(3.071)	(2.497)

Las correlaciones de la tabla 2 dejan notar que, a mayor altura, mayor el número de hijos y residencia rural y menor la edad, riqueza, educación y habilidad cognitiva compleja. Lo contrario se observa respecto a las correlaciones de la habilidad cognitiva compleja con las variables restantes.

Tabla 2

*Correlaciones Pearson entre ocho variables del estudio por vertiente (occidental, encima de la diagonal, N = 1,190; oriental, debajo de la diagonal, N = 13,768)*

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8
Altitud (1)	-	-.10***	.46***	-.49***	-.55***	.26***	-.17***	-.24***
Edad promedio (2)	-.01	-	-.52***	.66***	.40***	-.12***	.11***	-.16***
Tasa nacimientos (3)	.76***	-.44***	-	-.77***	-.72***	.44***	-.23***	-.34***
Ingreso per cápita (4)	-.74***	.50***	-.91***	-	.71***	-.26***	.21***	.32***
Logro educacional (5)	-.60***	.36***	-.55***	.75***	-	-.37***	.28***	.36***
Proporción rural (6)	.42***	-.25***	.44***	-.53***	-.58***	-	-.23***	-.29***
Matemática (7)	-.01	.13***	-.06***	.09***	.10***	-.18***	-	.72***
Comprensión texto (8)	-.15***	.19***	-.19***	.24***	.25***	-.33***	.72***	-

\*p < .05, \*\*p < .01, \*\*\*p < .001

Los resultados de los modelos lineales generales aparecen en la tabla 3. Los efectos principales de vertiente y altitud, pero no los de las interacciones, cayeron considerablemente cuando se introdujeron las covariables en las ecuaciones (Modelo 2), lo cual implica que muchos de los efectos de la altitud

se explican por las covariables, especialmente por la ruralidad en la vertiente occidental y por esta y la tasa de nacimientos en la oriental, aunque todas las covariables, excepto la edad promedio distrital, fueron determinantes significativos de las habilidades cognitivas complejas.

Tabla 3

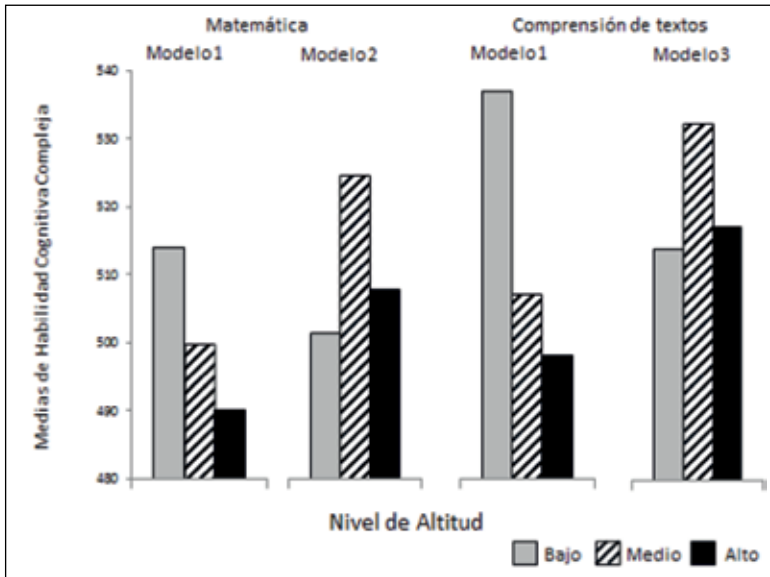
*Valores F para vertientes, nivel de altitud, su interacción, y cinco covariables, según tipo de habilidad cognitiva compleja explicada y modelo lineal general usado*

Variables	Matemática		Comprensión de textos	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2
Vertiente	536.5***	23.2***	527.5***	0.6
Nivel de altitud	120.9***	41.2***	451.5***	51.6***
Vertiente * nivel de altitud	383.6***	301.3***	482.9***	324.7***
Edad promedio		22.5***		499.9***
Tasa de nacimientos		23.2***		77.0***
Ingreso per cápita		81.5***		207.2***
Logro educacional		244.2***		659.1***
Proporción rural				
(N)	(23,934)	(24,934)	(24,952)	(24,952)

\*p < .05; \*\*p < .01; \*\*\*p < .001

Pero la naturaleza de los efectos fue diferente bajo los dos modelos, como se puede apreciar en la figura 1, que describe los efectos principales del nivel de altitud. Cuando se toman las cosas como son (Modelo 1), los resultados son consistentes con la hipótesis de la oxigenación, pues es significativa la caída de la habilidad cognitiva compleja conforme aumenta la altitud.

Sin embargo, esa relación desaparece cuando se consideran los efectos de las variables de control (Modelo 2). En dicha instancia, es la altitud intermedia la que se asocia con los mejores resultados intelectuales.



*Figura 1.* Promedios relativos a los efectos principales del nivel de altitud, según tipo de habilidad cognitiva compleja y modelo lineal general usado.

De otro lado, la influencia de este nivel de altitud depende de la vertiente, según se puede ver en la figura 2. Lo que reflejan las interacciones entre el tipo de vertiente y el nivel de altitud es un comportamiento diferente de la relación altitud-habilidad en las dos vertientes.

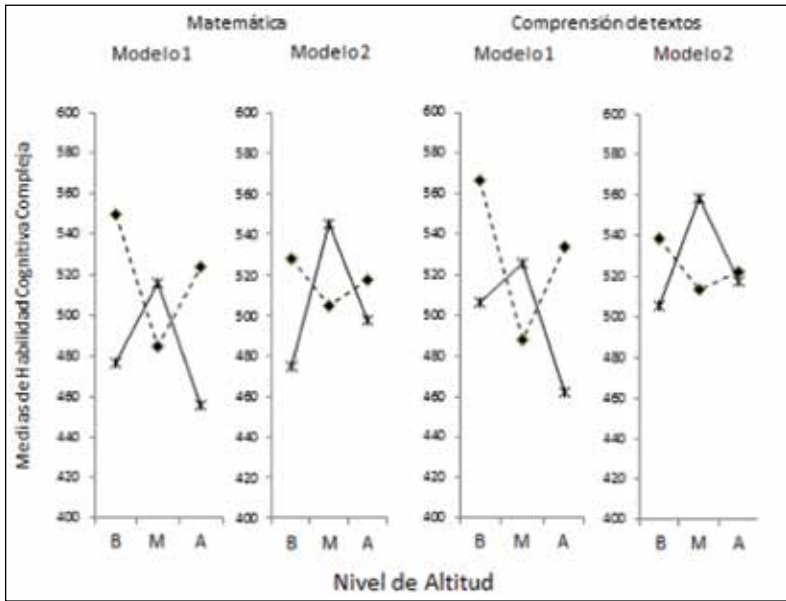


Figura 2. Promedios correspondientes a las interacciones de vertiente y el nivel de altitud, según tipo de habilidad cognitiva compleja y modelo lineal general usado.

Todas las diferencias entre los promedios comparados fueron significativas estadísticamente. Los respectivos intervalos de confianza se aprecian en la tabla 4.



Tabla 4

*Intervalos de confianza ( $p = .95$ ) para promedios de habilidad cognitiva compleja a cada nivel de altitud según vertiente, tipo de habilidad y modelo lineal general usado*

Vertientes y niveles de altitud	Matemática		Comprensión lectora	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2
Vertiente occidental				
Bajo	548.2 – 552.4	525.2 – 530.9	565.6 – 569.3	534.8 – 539.6
Medio	478.6 – 490.6	497.8 – 511.3	482.8 – 493.4	510.9 – 522.5
Alto	519.9 – 527.9	513.5 – 522.3	531.4 – 538.5	524.0 – 531.5
Vertiente oriental				
Bajo	475.0 – 479.2	472.1 – 477.2	504.2 – 507.9	499.9 – 504.2
Medio	512.8 – 519.6	540.3 – 549.1	523.3 – 529.3	561.5 – 569.0
Alto	452.2 – 459.7	492.2 – 502.9	458.6 – 465.2	514.4 – 523.6

## Discusión

La nitidez de los resultados del presente estudio permite llegar a varias conclusiones para la franja comprendida entre las latitudes 8° y 10° S del Perú con un alto grado de certeza.

1. Hay, en efecto, una desventaja en habilidad cognitiva compleja observable en poblaciones altas comparadas con las bajas cualquiera sea la vertiente de los Andes. Esto quiere decir que científicos de siglos pasados como Jourdanet y Barcroft (Lossio, 2013) no estuvieron errados al concluir que había diferencias aptitudinales entre poblaciones de altitudes bajas y altas. La pregunta que no supieron formular fue si las diferencias observadas eran atribuibles a la altitud o fruto de la contaminación de la relación altitud-habilidad por otras variables.
2. Mucho de las ventajas intelectuales observadas en las poblaciones bajas comparadas con las altas es atribuible a sus diferencias en residencia rural versus urbana, tasa de nacimientos, riqueza y logro escolar. Cuando se resta la varianza de habilidad cognitiva compleja debida a estas covariables,

disminuyen de manera importante las diferencias en matemática y comprensión de textos entre las poblaciones bajas y altas.

3. Las poblaciones intermedias en altitud exhiben comportamientos opuestos en las dos vertientes: en la occidental se percibió una menor habilidad en el nivel intermedio con respecto al alto o bajo y, por el contrario, en la oriental se advirtió una mayor habilidad. Esto puede explicarse por las importantes diferencias ecológicas observadas entre la estepa serrana (cuyos límites están en los 1 000 y 3 800 msnm), es decir, la subida de los Andes desde el desierto del Pacífico, y la región yunga fluvial, o sea, la bajada oriental de los Andes desde los 3 500 hasta los 600 msnm (Brack, 1983). La principal diferencia es la presencia de lluvias intensas, bosques y buenas condiciones para cultivos rentables, como los de coca, café y cacao en la región yunga, aunque la distancia del mar impone allí restricciones al comercio. Es posible que los indicadores sociales no expresen tal diferencia a causa de la resistencia de la población –que se beneficia directamente del cultivo de la coca e indirectamente del narcotráfico– a confesar su prosperidad en censos y encuestas.
4. La superioridad del nivel intermedio de altitud en la vertiente oriental sugiere que ahí existe un potencial muy importante de desarrollo de la inteligencia. En un estudio paralelo que cubrió la totalidad del territorio nacional pudo advertirse que regiones políticas con importante población asentada a niveles intermedios de altitud –como Amazonas y San Martín– destacaban por su inteligencia promedio pese a que se sitúan a bajos niveles relativos de latitud absoluta (León, 2013). Habría que verificar, sin embargo, si a otras latitudes ocurre lo mismo. Es posible que Arequipa presente una mayor habilidad cognitiva compleja que el nivel intermedio de altitud de la vertiente oriental de los Andes en Bolivia.
5. El hecho de que matemática haya presentado correlaciones absolutas más pequeñas que comprensión de textos con las restantes variables sugiere que la habilidad lectora es más dependiente del contexto físico y social que la primera asignatura.

Yendo al tema esencial del estudio, hay que preguntarse cuáles son las implicancias de los hallazgos para las tres hipótesis formuladas respecto a

los efectos de la altitud sobre la inteligencia. La hipótesis de la oxigenación queda severamente mellada porque es contradicha por dos resultados centrales: las habilidades cognitivas complejas (brutas o ajustadas) mayores en el nivel alto que en el intermedio de altitud en la vertiente occidental y las habilidades ajustadas mayores en el nivel alto que en el bajo en la otra vertiente. Se puede cuestionar el último resultado considerando la posibilidad de que la ventaja del nivel alto podría deberse a que la escasa oxigenación tiene un impacto negativo importante en la inteligencia, pero no tan grande como el que podrían tener las enfermedades tropicales de la Amazonía. No obstante, es difícil encontrar argumentos alternativos para el primer hallazgo. Permanece, pues, como una contradicción directa a la hipótesis de la oxigenación el hecho de que a una altitud promedio de 3 331 msnm se observará un mejor rendimiento intelectual que a 2 600 msnm.

Estos resultados son fácilmente conciliables con los de la literatura, que registra sistemáticas limitaciones cognitivas en altos niveles de altitud. En el presente estudio, los sujetos fueron personas adaptadas a la altura de manera individual y, en su mayoría, probablemente también de forma genética. Pero, ¿cómo conciliar los resultados de esta investigación con aquellos que consistentemente indican déficits en el desarrollo fetal y del neonato a altos niveles de altitud? ¿No toma, acaso, la adaptación individual a la altura unos pocos días o semanas? Tal vez se pueda entender la discrepancia al considerarse que la herencia y el ambiente tienen distintos impactos sobre la inteligencia en los diferentes estadios evolutivos del individuo (Nisbett et al., 2012). Las influencias ambientales se registran más temprano que las de la herencia (Haworth et al., 2010; Tucker-Drob, Rehmtulla, Harden, Turkheimer & Fask, 2011). Es decir, cabría esperar un mayor impacto de la altitud a los cero que a los ocho años de edad.

La validez de la hipótesis evolucionaria también queda cuestionada pues las expectativas de Kanazawa (2008) sobre el desarrollo de la inteligencia en la altitud no fueron apoyadas por la evidencia. Por el contrario, se observó una superioridad intelectual (puntajes brutos y puntajes ajustados) a 68 msnm de la vertiente occidental en comparación con los 3 131 msnm de la misma, así como a 2 277 msnm de la vertiente oriental en comparación con los 3 354 msnm de esta. Los psicólogos evolucionarios podrían apelar a la idea de que en la costa, más que en la sierra, hay actualmente una mayor proporción de

genes (sobre todo españoles) que estuvieron expuestos a cambios estacionales mayores que los existentes en la sierra entre aproximadamente el año 14000 a.C. y el 1530 d.C. La literatura lingüística señala que las lenguas amerindias han sobrevivido en mucho mayor medida en las alturas andinas y que se extinguieron en la costa y hoy son habladas allí solo por migrantes andinos (Knapp, 1987). Si el andino fuera, en realidad, menos español que el costeño –es decir, más oscuro de piel que aquel–, los psicólogos evolucionarios podrían predecir una menor inteligencia del primero considerando que el pigmento está negativamente asociado con la inteligencia, mientras que el tema de la altitud planteado por Kanazawa como un factor positivo solo es una hipótesis tangencial. Pero de la composición racial de la población peruana únicamente se sabe que alrededor del 45% tiene ancestros amerindios que arribaron del noreste asiático, el 15% desciende de europeos, el 37% es mestizo y el 3% tiene orígenes en África, China y Japón (Putterman & Weil, 2011). No hay evidencia científica sobre la distribución de estos grupos en el territorio nacional.

Con respecto a la hipótesis de la radiación  $UV_B$ , los hallazgos demuestran que ella tiene, por lo menos, valor heurístico, porque llevó a un diseño de investigación que permitió verificar las hipótesis con rigor y produjo resultados interesantes por lo inesperados. Sin embargo, más que a conclusiones sobre la validez de la teoría, los hallazgos del estudio llevan a nuevas preguntas y sugieren algunas pistas. La tasa de nacimientos es una variable clave en la teoría de la radiación  $UV_B$  bajo el supuesto de que es un buen indicador del tamaño de la familia, del cual dependería la inteligencia del niño. ¿Por qué la tasa de nacimientos tuvo un papel tan importante en la determinación de la habilidad cognitiva compleja en la vertiente oriental de los Andes y un papel menor en la vertiente occidental? La vertiente occidental es la región más fría del Perú. Tal vez al obligar a la gente a cubrir casi todo su cuerpo limite el rango de exposición a la radiación  $UV_B$  y esto, a su vez, limite el rango de producción de hormonas sexuales. Otra posibilidad es que el ángulo de la superficie terrestre sea mayor en la vertiente occidental que en la oriental entre los grados  $8^\circ$  y  $10^\circ$ . Además, que la estructura de los suelos y bosques produzca un rebote diferente de la irradiación solar. Habría que realizar mediciones precisas de la producción dérmica de vitamina  $D_3$  en los diversos territorios –como las usadas por McKenzie, Liley y Björn (2009) en Nueva Zelanda– para evaluar con mayor rigor la hipótesis de la radiación

UV<sub>B</sub> como fuente de la varianza en habilidad cognitiva compleja a través de la actividad sexual y la tasa de nacimientos.

Para concluir, los resultados del estudio sugieren fuertemente que los daños cognitivos a altos niveles de altitud registrados en la literatura ocurren solo en personas no adaptadas a la altura. De otro lado, hace falta que se realicen investigaciones a otros niveles de latitud para llegar a conclusiones más generalizables.

## Referencias

- Beall, C. (1997). Ventilation and hypoxic ventilatory response of Tibetan and aymara high altitude natives. *American Journal of Physical Anthropology*, 104, 427-447.
- Beall, C. (2000). Tibetan and andean patterns of adaptation to high-altitude hypoxia. *Human Biology*, 72, 201-228.
- Beall, C. (2006). Andean, tibetan, and ethiopian patterns of adaptation to high-altitude hypoxia. *Integrative and Comparative Biology*, 46, 18-24.
- Beall, C. M.; Worthman, C.M.; Stallings, J.; Strohl, K.P.; Brittenham, G.M. & Barragan, M. (1992). Salivary testosterone concentration of aymara men native to 3600 m. *Annals of Human Biology*, 19, 67-78.
- Bongaarts, J. (2008). Fertility transitions in developing countries: Progress or stagnation. *Studies in Family Planning*, 39, 105-110.
- Botella, J.; Garrido, E. & Catalá, J. (1993). Afasia motora transitoria a gran altitud. *Revista Clínica Española*, 193, 296-298.
- Brack, A. (1983). *El ambiente en que vivimos*. Lima: Editorial Salesiana.
- Burga, A. (2011). *Pruebas MC 2011 segundo grado: Propiedades psicométricas*. Lima: Ministerio de Educación.
- Cavalli-Sforza, L.; Menozzi, P. & Piazza, A. (1994). *The history and geography of human genes*. Nueva Jersey: Princeton University Press.
- Cummings, D.R. (2007). Additional confirmation for the effects of environmental light intensity on the seasonality of human conceptions. *Journal of Biosocial Science*, 39, 383-396.

- Decker, H. & Van Holde, K. (2011). *Oxygen and the evolution of life*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Dennell, R.; Rendell, H. & Hialwood, E. (1988). Late pliocene artifacts from northern Pakistan. *Current Anthropology*, 29, 495-498.
- Engelsen, O.; Brustad, M.; Aksnes, L. & Lund, E. (2005). Daily duration of vitamin D synthesis in human skin with relation to latitude, total ozone, altitude, ground cover, aerosols and cloud thickness. *Photochemistry and Photobiology*, 81, 1287-1290.
- Finer, L.B. & Kost, K. (2011). Unintended pregnancy rates at the state level. *Perspectives on Sexual and Reproductive Health*, 43, 78-87.
- Gasse, F.; Chalié, A.; Vincens, M.A.; Williams, J. & Williamson, D. (2008). Climatic patterns in equatorial and Southern Africa from 30,000 to 10,000 years ago reconstructed from terrestrial and near-shore proxy data. *Quaternary Science Reviews*, 27, 2316-2340.
- Giusianni, D.; Phillips, S.; Anstee, S. & Barker, D. (2001). Effects of altitude versus economic status on birth weight and body shape at birth. *Pediatric Research*, 49, 490-494.
- Gonzales, G.F. & Ortiz, I. (1994). Age at menarche at sea level and high altitude in peruvian women of different ethnic background. *American Journal of Human Biology*, 6, 674-640.
- Gonzales, G.F.; Tapia, V.; Gasco, M. & Gonzales-Castañeda, C. (2011). Serum testosterone levels and source of chronic mountain sickness in peruvian men natives at 4,340 m. *Andrologia*, 43, 189-195.
- Gonzales, G.F. & Villena, A. (1997). Age at menopause in central Andean peruvian women. *Menopause*, 4, 32-38
- Haworth, C.M.A.; Wright, M.J.; Luciano, M.; Martin, N.G.; De Geus, E.J.C.; Van Beijsterveldt, C.E.; Bartels, M.; Posthuma, D.; Boomsma, D.I.; Davis, O.S.; Kovas, Y.; Corley, R.P.; Defries, J.C.; Hewitt, J.K.; Olson, R.K.; Rhea, S.A.; Wadsworth, S.J.; Iacono, W.G.; McGue, M.; Thompson, L.A.; Hart, S.A.; Petrill, S.A.; Lubinski, D. & Plomin, R. (2010). The heritability of general cognitive ability increases linearly from childhood to young adulthood. *Molecular Psychiatry*, 15, 1112-1120, doi: 10.1038/mp.2009.55.

- Hayashi, R.; Matsuzawa, Y.; Kubo, K. & Kobayashi, T. (2005). Effects of simulated high altitude on event-related potential (P300) and auditory brain-stem responses. *Clinical Neurophysiology*, *116*, 1471-1476.
- Hopkins, R.O.; Kesner, R.P. & Goldstein, M. (1995). Item and order recognition memory in subjects with hypoxic brain injury. *Brain and Cognition*, *27*, 180-201.
- Hornbein, T.F.; Townes, B.D.; Shoene, R.B.; Sutton, J.R. & Houston, C.S. (1989). The cost to the central nervous system of climbing to high extremely altitude. *The New England Journal of Medicine*, *321*, 1714-1719.
- INEI (2008). *XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2007*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Jablonski, N.G. & Chaplin, G. (2010). Human skin pigmentation as an adaptation to UV radiation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *107*, 8962-8968.
- Jones, G.; Strungnell, S.A. & DeLuca, H.F. (1998). Current understanding of the molecular actions of vitamin D. *Physiology Review*, *78*, 1193-1231.
- Kanazawa, S. (2008). Temperature and evolutionary novelty as forces behind the evolution of general intelligence. *Intelligence*, *36*, 99-108.
- Kanazawa, S. (2010). Evolutionary psychology and intelligence research. *American Psychologist*, *65*, 279-289.
- Kaufman, S.B.; Reynolds, M.R.; Liu, X.; Kaufman, A.S. & McGrew, K.S. (2012). Are cognitive g and academic achievement g one and the same g? An exploration on the Woodcock-Johnson and Kaufman tests. *Intelligence*, *40*, 123-138.
- Kinuta, H.; Tanaka, T.; Morikawe, K.; Aya, S.; Kato, S. & Seino, Y. (2000). Vitamin D is an important factor in estrogen biosynthesis of both female and male gonads. *Endocrinology*, *141*, 1317-1324.
- Knapp, G. (1987). Linguistic and cultural geography of contemporary Peru. *University of Texas & Austin Institute for Latin American Studies*, Papers N° 87-13.
- León, R. (2012). The latitudinal tilts of wealth and education in Peru: Testing them, explaining them, and reflecting on them. *Economía*, *35*, 60-102.

- León, F.R. (2013). Efectos de la latitud en el logro escolar: ¿Evolucionarios o vía la radiación ultravioleta contemporánea? *Revista de Psicología*. [Publicación anticipada].
- Lossio, J. (2013). *El peruano y su entorno: Aclimatándose a las alturas andinas*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- Lutz, P.; Nilsson, G. & Prentice, H. (2011). *The brain without: Oxygen causes of failure-physiological and molecular mechanisms for survival*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Lynn, R. (1991). The evolution of race differences in intelligence. *Mankind Quarterly*, 32, 99-173.
- Lynn, R. & Vanhanen, T. (2012). National IQs: A review of their educational, cognitive, economic, political, demographic, sociological, epidemiological, geographic and climatic correlates. *Intelligence*, 40, 226-234.
- Mani, A.; Mullainathan, S.; Shafir, E. & Zhao, J. (2013). Poverty impedes cognitive function. *Science*, 341, 976-980.
- McKenzie, R.L.; Liley, J.B. & Björn, L.O. (2009). UV radiation: Balancing risks and benefits. *Photochemistry and Photobiology*, 85, 88-98.
- Mellinger, A.D.; Sachs, J.D. & Gallup, J.L. (1999). *Climate, water navigability, and economic development*. Massachusetts: CID Harvard University Working Paper N° 24.
- Moore, L.; Shelton, Ch. & Colleen, J. (2011). Humans at high altitude: Hypoxia and fetal growth. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 178, 181-190.
- News & Analysis. (2013). Ancient DNA links native americans with Europe. *Science*, 324, 409-410.
- Nieremeyer, S.; Zamudio, S. & Moore, L. (2001). The people. En T. Hornbein & S.B. Shoene (Eds.), *High altitude: An exploration of human adaptation* (pp. 230-233). New York: Marcel Dekker.
- Nisbett, R.E.; Aronson, J.; Blair, C.; Dickens, W.; Flynn, J.; Halpern, D.F. & Turkheimer, E. (2012). Intelligence: New findings and theoretical developments. *American Psychologist*, 67, 130-159.



- Nunn, N. & Puga, D. (2009). *Ruggedness: The blessing of bad geography in Africa*. Massachusetts: NBR Working Paper.
- Nyborg, H. (2013). Migratory selection for inversely related covariant T-, and IQ-Nexus traits: Testing the IQ/T-Geo-Climatic-Origin theory by the general trait covariance model. *Personality and Individual Differences*, *55*, 267-272.
- Pagani, M.; Ravagnan, G. & Salmaso, D. (1998). Effect of acclimatisation to altitude on learning. *Cortex*, *34*, 243-251.
- Pelamatti, G.; Pascotto, M. & Semenza, C. (2003). Verbal free recall in high altitude: Proper names vs common names. *Cortex*, *39*, 97-103.
- PNUD (2009). *Informe de Desarrollo Humano, Perú 2009*. Lima: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Putterman, L. & Weil, D. (2011). *World migration matrix, 1500-2000*. Recuperado el 25 de abril del 2013; disponible en [http://www.econ.brown.edu/fac/louis\\_putterman](http://www.econ.brown.edu/fac/louis_putterman).
- Rindermann, H. (2007). The g-factor of international cognitive ability comparisons: The homogeneity of results in PISA, TIMSS, PIRLS and IQ-tests across nations. *European Journal of Personality*, *21*, 667-706.
- Rindermann, H. (2008). Relevance of education and intelligence at the national level for the economic welfare of people. *Intelligence*, *36*, 127-142.
- Rindermann, H. & Thompson, J. (2011). Cognitive capitalism: The effect of cognitive ability on wealth as mediated through scientific achievement and economic freedom. *Psychological Science*, *22*, 754-763.
- Rushton, J.P. (1995). *Race, evolution, and behavior: A life history perspective*. New Brunswick: Transaction.
- Saco-Pollitt, C. (1981). Birth in the peruvian andes: Physical and behavioural consequences in the neonate. *Child Development*, *52*, 839-846.
- Signorello, L.B.; Williams, S.M.; Zheng, W.; Smith, J.R.; Long, J.; Cai, G.; Hargreaves, M.K.; Hollis, B.W. & Blot, W.J. (2010). Blood vitamin D levels in relation to genetic estimation of African ancestry. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, *19*, 2325-2332.

- Sonnleitner, P.; Keller, U.; Martin, R. & Brunner, M. (2013). Students' complex problem-solving abilities: Their structure and relations to reasoning ability and educational success. *Intelligence*, 41, 289-305.
- Tucker-Drob, E.M.; Rehmtulla, M.; Harden, K.P.; Turkheimer, E. & Fask, D. (2011). Emergence of a gene x socioeconomic status interaction on infant mental ability between 10 months and 2 years. *Psychological Science*, 22, 125-133.
- Van Anders, S.M.; Hampson, E. & Watson, N.V. (2006). Seasonality, waistto-hip ratio, and salivary testosterone. *Psychoneuroendocrinology*, 31, 895-899.
- Virúes-Ortega, J.; Garrido, E.; Javierre, C. & Kloezeman, K. (2006). Human behaviour and development under high-altitude conditions. *Developmental Science*, 9, 400-410.
- Wehr, E.; Pitz, S.; Boehm, B.O.; März, W. & Obermayer-Pietsch, B. (2009). Association of vitamin D status with serum androgen levels in men. *Clinical Endocrinology*, 73, 243-248.
- West, J.; Schoene, R. & Milledge, J. (2007). *High altitude medicine and physiology*. Londres: Hodder Arnold.
- Yan, X.; Zhang, J.; Gong, Q. & Weng, X. (2011a). Prolonged high-altitude residence impacts verbal working memory: An fMRI study. *Experimental Brain Research*, 3, 437-445.
- Yan, X.; Zhang, J.; Gong, Q. & Weng, X. (2011b). Adaptive influence of long term high altitude residence on spatial working memory: An fMRI study. *Brain and Cognition*, 77, 53-59.
- Zajonc, R.B. & Mullanly, P.R. (1997). Birth order: Reconciling conflicting effects. *American Psychologist*, 52, 685-699.
- Zhiming, A. (1982). Paleoliths and microliths from Shenja and Shuanghu, Northern Tibet. *Current Anthropology*, 23, 493-499.