

CONTRIBUCION PERUANA AL ESTUDIO DE LA REPRODUCCION HUMANA EN LA ALTURA, DESDE LOS CRONISTAS DE LA CONQUISTA A LA ACTUALIDAD

Gustavo F. Gonzales

Departamento de Ciencias Fisiológicas e Instituto de Investigaciones de la Altura.
Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

RESUMEN

La presente es una revisión sobre la contribución peruana al estudio de la reproducción humana en la altura desde las crónicas de la conquista del Perú hasta la actualidad.

Las crónicas revelan la existencia de infertilidad por la exposición a la altura, que es temporal y que no se presenta en todos los miembros de una especie. En cambio la supervivencia neonatal en la altura, si se encuentra disminuida. El padre Cobo hace referencia entre el grado de mestizaje y supervivencia en la altura. Los hijos que tienen más sangre nativa tienen más probabilidad de sobrevivir en la altura que los que tienen menos sangre nativa. Los relatos invocan al frío como una de las causas de la alta tasa de mortalidad neonatal e infantil.

Los estudios científicos se desarrollan en el presente siglo a partir del cuarenta. En resumen, los estudios en animales expuestos agudamente a la altura demuestran oligozoospermia y azoospermia al cabo de 50 días de exposición. Esta infertilidad se revierte a los 6 meses de permanencia en la altura. En humanos disminuye el número de espermatozoides y en la motilidad de los mismos. Las concentraciones séricas de testosterona se incrementan en varones durante la exposición aguda a la altura.

En la exposición aguda a la altura hay una normal producción de testosterona (T) pero su excreción está disminuida lo que condiciona una mayor disponibilidad del andrógeno circulante. Sujetos que a nivel del mar tienen los más altos niveles de T sérica, como es el caso de los varones de raza negra, se aclimatan más rápidamente a la altura. El incremento de la T permitiría regular la hiperventilación que se produce durante la exposición aguda a la altura para evitar llevar a una alcalosis prolongada por pérdida de CO_2 , lo que afectaría la salud. En el mal de montaña agudo no se observa el incremento de la T. En este caso la hiperventilación, sin un mecanismo contraregulatorio, conllevaría a una hipocapnea, concomitante con la sintomatología del soroche.

En conclusión la T favorece los mecanismos de aclimatación.

SUMMARY

The present is a review about the peruvian contribution to the knowledge of human reproduction at high altitude from the cronicles of the conquest of Peru up to now.

The cronicles show that infertility may be possible by acute exposure to altitude, but it is not presented in all members of a species and it is of short duration. However, neonatal survival rate at high altitude is reduced. Father Cobo refers a relationship between magnitude of admixture between spaniards and natives and rate of neonatal survival at altitude. Children from natives survive more than children with less grade of aborigen component. In relation to the environment, the cronicles associated reproductive problems or neonatal and infant mortality with cold, and they do not refer hypoxia as cause.

Scientific studies began the present century since forties. In summary, studies on animals exposed acutely to altitude demonstrated oligozoospermia or azoospermia at 50 days of exposure to altitude. This infertility was reversible at six months of residence at high altitude. Men exposed to high altitudes showed reduction in sperm count and sperm motility. Serum testosterone levels increased significantly during exposure to high altitude.

During acute exposure to high altitude, there is a normal production of testosterone, but urinary excretion is diminished conditioning a high availability of the peripheral androgen. Men at sea level with high serum testosterone (T) levels, as black men, may acclimate to high altitude earlier than white men. The high serum testosterone levels will allow regulation of hyperventilation which is produced as initial response to altitude. Testosterone will reduce ventilation aimed to avoid prolonged alkalosis resulting from hyperventilation. In acute mountain disease there is not the altitude-induced serum T increase. Hyperventilation without a counterregulatory mechanism may results in hypocapnea with symptoms of soroche.

In conclusion T enhances mechanisms of acquired acclimatación.

1. INTRODUCCION

El estudio de la reproducción humana es apasionante, y a la vez controversial, pues involucra el conocimiento de los mecanismos que rigen el origen de un nuevo ser. Las poblaciones a través de los tiempos se han caracterizado por tener un número elevado de hijos, la mayor parte de veces tratando de compensar la alta tasa de mortalidad infantil, y en otros casos porque representa una mayor fuerza laboral, particularmente para el trabajo de la tierra (agro). De esto se genera el concepto que el número de hijos es determinado por la pareja de acuerdo a determinadas circunstancias, lo que deviene a ser una práctica de la planificación de la familia.

El concepto actual de planificación familiar involucra la determinación por parte de la pareja del número de hijos que una pareja ha de tener (tamaño familiar) y en que momento lo tendrá (intervalo intergenésico). Este concepto involucra tanto a la infertilidad como a la contracepción. El gran tamaño familiar como el nacimiento muy seguido de los hijos (intervalo intergenésico corto) están fuertemente asociados a un bajo desarrollo socioeconómico, y a una alta tasa de morbilidad y mortalidad tanto materna como infantil. Su importancia y preocupación se remonta a los tiempos bíblicos.

En el cántico de Ana escrito en Samuel 2,5 se lee: *«La mujer estéril da a luz siete veces; pero se marchita la madre de muchos hijos»*. Esta es tal vez la primera referencia sobre la relación entre el tamaño familiar y la salud de la mujer que constituye en la actualidad parte de la definición de la planificación familiar. Sobre la infertilidad se tiene referencia desde la época de Abraham (Génesis 16,1). *«Y dijo Saray a Abram: «Ya que Yavé me ha hecho estéril, toma a mi esclava por mujer a ver si por medio de ella tendré algún hijo»*. Igualmente hay referencia de la infertilidad en el Libro de Samuel (1,1;1,2): *Hubo un hombre de Ramá, en la sierra de Efraím, que se llamaba Elcaná... Tenía dos mujeres: una se llamaba Ana y la otra Penena. Penena tenía hijos, pero Ana no tenía.*

Estos dos aspectos de la reproducción, una que involucra a la salud de la mujer, y la otra al deseo de tener un hijo, son condiciones que el ser humano debe satisfacer, y que preocupan desde la antigüedad y que aún mantiene su vigencia. Así, en la actualidad, los médicos en servicio activo y las comadronas han observado que las mujeres que tienen muchos hijos y las que corresponden a ciertos patrones reproductivos afrontan mayores riesgos en lo relativo a mala salud y mortalidad (National Research Council, 1990).

2. ADAPTACION : MEDIO AMBIENTE Y REPRODUCCION

El mundo a través de su evolución ha soporta-

do muchos cambios climatológicos, a los cuales las especies vivientes han debido adaptarse para poder sobrevivir.

La adaptación es la capacidad de los individuos de desarrollarse en un nuevo medio ambiente, realizando las mismas actividades físicas que en su ambiente anterior y manteniendo su capacidad de reproducirse. Muchas especies han desaparecido del planeta al perder su capacidad de reproducirse en situaciones en que han ocurrido cambios ambientales tan dramáticos que se han suscitado a través de la evolución del mundo.

Verzhbinskaya (1962) del Instituto Pavlov de Fisiología dice: *«Una indicación de que se ha conseguido una completa adaptación a un ambiente cambiado es no sólo la supervivencia del organismo en condiciones satisfactorias, sino también su capacidad para multiplicarse normalmente y tener descendencia cuyo promedio de vida sea bueno y cuyo desarrollo y maduración sigan un curso normal»*.

Un ejemplo de adaptación es la que se observa en las poblaciones que habitan en las alturas de los Andes, que en nuestro país representa prácticamente el 30% de la población; ésto es, 8 millones de habitantes. Estas poblaciones se caracterizan por presentar una mayor tasa global de fecundidad que la observada en las poblaciones de la costa (INEI, 1997). Ello ocurre, a pesar de que las condiciones biológicas del nativo del ande favorecerían a una menor tasa de fertilidad. Estas son, un inicio de la reproducción a edades tardías, y una menor duración de la vida reproductiva (inicio tardío de las menstruaciones y fin de la vida reproductiva ocurre a una edad más temprana que en poblaciones de nivel del mar) (Gonzales y Villena, 1997). Si bien es cierto, la mayor tasa de fertilidad es posible explicarla desde un punto de vista socioeconómico, es evidente que la reproducción se mantiene apesar de las condiciones adversas del medio ambiente.

El hombre andino ha debido enfrentar este clima agreste durante muchas generaciones, lo que le ha permitido mantener su capacidad reproductiva.

De acuerdo a Bonavía (1991, pp. 54), hacia fines del Paleolítico medio (hace aproximadamente 40,000 años), el hombre había ocupado casi todo el mundo; le faltaba sólo hacerlo en Australia y América. Esto quiere decir que la antigüedad del hombre americano no debe ser mayor de 40,000 años.

Los primeros hombres que llegaron a los Andes, fueron cazadores-recolectores que proceden del Norte (Bonavía, 1991, pp 69). Es probable que el poblamiento de América ocurrió a través del estrecho de Bering en la última glaciación, y que del norte se hayan trasladado progresivamente al sur.

Los restos más antiguos de la presencia del hombre en los Andes Peruanos data de hace 20,000 años. En efecto, Mac Neish (1971) encontró dichos restos en Pikimachay (2700 msnm) cerca a Ayacucho.

Cuando el hombre llegó por primera vez a Ayacucho a fines del cuaternario, encontró en las zonas de puna un ambiente frío pero en la cuenca un ambiente abrigado, templado y con buenas fuentes de agua (Bonavía, 1989; pp. 89). Según Bonavía (1991, pp. 89), la primera aparición del hombre en Ayacucho hay que considerarla a partir de los 12,000-13,000 años ac.

En muchos pasajes del libro escrito por Bonavía se puede encontrar que los primeros pobladores peruanos se ubicaron en las zonas alto-andinas. Así, hace alrededor de 10,000 años el hombre estaba ocupando las cuevas altoandinas que están sobre los 4000 m e inclusive en algunos casos, un poco más, como en Telarmachay en San Pedro de Cajas a 4400 m (Bonavía, 1991, pp. 73).

Se han encontrado restos en Pampa de Lampas de más de 9500 años aC, y en la cueva de Lauricocha en Huánuco, donde Augusto Cardich encontró restos de vida humana de hace 10,000 años (Bonavía, 1991, pp. 78).

Lo anterior quiere decir, que el hombre peruano se asentó inicialmente en los Andes, en Ayacucho, que en términos generales, ofreció condiciones muy favorables para el desarrollo humano en la fase de transición entre el Pleistoceno y el Holoceno, pues fué un área periglaciaria de valle más abierto que en otras partes del territorio (Bonavía, 1991, pp. 90).

Es evidente que estos nativos hayan experimentado el efecto de la altura, pero con el transcurrir del tiempo se hayan adaptado.

El efecto de la altura sobre el organismo ha sido referida en las crónicas de la conquista. El Padre de Acosta (1590) hace referencia al aire sutilísimo en los cerros del Pariacaca, zona que atravesaba con un grupo de españoles en los Andes centrales. Por lo general se ha achacado el mayor efecto de la altura, al frío allí reinante. Por ejemplo, Garcilaso De La vega (1609, pp. 317, Libro Quinto, Cap. XXVII) refiere que *«del Cuzco van a convalecer al valle de Yucay (2830 m) todos los enfermos que pueden ir porque la ciudad (Cuzco), por ser de temple más frío, no es buena para convalecientes»*. Igualmente Garcilaso refiere, que los nativos de zonas frías no pueden vivir en zonas de calor porque enferman y mueren, y que los de tierras calientes mueren en tierras frías. *«El Inca, teniendo atención a este peligro, llevó indios de tierra caliente para poblar en tierra caliente»* (Garcilaso, 1609, pp. 187, Libro III, Cap. XIX). Sobre esto mismo Monge Medrano (1935) en su *«Política sanitaria indiana y colonial en el Tahuantinsuyo»* hace referencia a numerosos documentos históricos, que tratan en lo que deviene a llamar la *«agresión climática»*.

De esto es evidente que el efecto del clima sobre el organismo fue una preocupación desde épocas muy antiguas. Si bien en la altura predomina el frío, también existe menor presión barométrica, menor presión parcial de oxígeno, menor humedad lo que con-

diciona mayor aridez, y una mayor radiación solar y cósmica, los que deben tener importante influencia sobre el organismo.

3. LA REPRODUCCION HUMANA EN LA ALTURA DEL PERU: ANTECEDENTE HISTORICO

Los estudios científicos sobre reproducción humana en la altura se han desarrollado teniendo como base reportes en las crónicas de la conquista del Perú de como influía el medio ambiente en la fertilidad y en la supervivencia del recién nacido. El análisis de estas crónicas también nos ha permitido conocer patrones reproductivos en la población inca.

Características de la Reproducción en el Incanato

Los Incas anualmente realizaban censos, contabilizándose el número de muertos y el número de nacidos (Cieza de León, 1553a, pp. 54, Libro II, Cap. XIX; Garcilaso, 1609, pp. 344, Libro Sexto, Cap. VIII). Esto se hacía con la finalidad de tener conocimiento cuantos iban a pagar los tributos, de que población se disponía para las guerras, y cuántos podían quedar para la defensa del pueblo. Igualmente se conocía el número de discapacitados y de viudas, los cuales recibían manutención del estado (Cieza de León, 1553a, pp. 55, Libro II, Cap. XIX).

No son muchos los datos que se tienen sobre reproducción humana en el Incanato, y la mayoría de la información está referida a usanzas o costumbres sobre la vida sexual.

Se describe la curiosa costumbre que el Capac Inca tuvo de casarse con su propia hermana (Uhle, 1969). En el tiempo del imperio incaico, los grupos eran endogámicos. Dice Garcilaso (1609, pp. 217, Libro Cuarto, Cap. VIII): *«No les era lícito casarse los de una provincia en otra ni los de un pueblo en otro, sino todos en sus pueblos y dentro de su parentela, por no confundir los linajes y naciones mezclándose unos con otros»*. Resulta inadmisibles pensar que a través de generaciones se hayan originado descendencia de hijos entre hermanos, puesto que la raza se hubiera convertido en estéril; sin embargo todas las referencias demuestran la gran capacidad fértil del poblador de los Andes. Cieza afirma que desde el principio fue ley que los incas se casaran con sus hermanas; pero reconoce que Lloque Yupanqui y Mayta Cápac tomaron por mujeres a las hijas de los curacas vecinos (Cieza, 1553, pp. 100, Libro II, Cap. XXXIII).

En general, el matrimonio del Tahuantinsuyo era endogámico, pues sólo eran legítimas las uniones con mujeres de la propia tribu, y por consiguiente de la propia parentela, pues cada tribu se consideraba como un sólo linaje (De La Riva Agüero, 1952). Los varones se casaban después de los 24 años y las mujeres de 18 a 20 años (Garcilaso, 1609, pp. 216, Libro

Cuarto, Cap VIII). Y no los permitían que se casasen antes, porque decían que era menester que tuviesen edad y juicio para gobernar casa y hacienda. En este respecto, el padre Blas Valera (referido en Garcilaso, 1609, pp. 238. Libro Cuarto, Cap. XIX) dice que el rey Inca Roca dió la siguiente ley: «*Que los hijos sirviesen a sus padres hasta los 25 años y de allí en adelante se ocupasen en el servicio de la república*». Refiere Garcilaso, que los mozos hasta los 25 años ayudaban a sus padres y no podían casarse, y no pagaban tributo. Y después de casados por el primer año estaban libres de cualquier tributo (Garcilaso, 1609, pp. 265. Libro Quinto, Cap. VI). Aquí se expresa una aplicación de la planificación familiar asociado a patrones socio-económicos, basados en un sentido de responsabilidad, permitiendo que el joven llegue a un estado de maduración física, mental y social.

Otro patrón reproductivo es el referido a la virginidad. Entre los indígenas, la virginidad femenina no tenía el mismo significado que le daban en Europa. Las jóvenes gozaban de libertad y el acto coital formaba parte de ciertos ritos de fecundidad. Dice Cieza de León (1553, pp 73, Libro I, Cap XIX): «*Y muy pocos hallan las mugeres vírgines*». Existió también el matrimonio a prueba, y si la pareja decidía separarse, la muchacha y su(s) hijo(s) regresaban al ayllu familiar. Sin embargo, cuando la pareja era unida en una ceremonia matrimonial constituía un todo, y severos castigos recaían sobre los adúlteros de ambos géneros (Rostworowski, 1994). Cieza de León (1553, pp 274, Libro I, Cap C) dice sobre esto: «*Las quales dicen (de las mujeres), que puesto que antes que se casen pueden andar sueltamente, si después de entregada al marido le haze trayción vsando de su cuerpo con otro varón, la matauan*».

Refiere Guamán Poma de Ayala (Carrillo, 1992, pp. 146), en el capítulo IV de Orden y Costumbres Incaicas de su Primer Nueva Corónica y Buen Gobierno de este Reino, entre algunas leyes y ordenanzas de Topa Inga Yupangui: «*Iten mandamos que la viuda en seis meses no descubriese su cara, ni salga de casa, y de un año tuviese luto, y toda su vida no conociese a hombre, que estuviese honesta y recogida, y criasen a sus hijos en su hacienda y chácara y lucrí, y que llorase de allí como viuda y pobre*». «*Iten mandamos que la mujer viuda no se casase otra vez ni que fuesen amancebadas, después de haber muerto su marido*». Al respecto, Garcilaso refiere que las viudas guardaban clausura durante el primer año de viudez. Y muy pocas de las que no tenían hijos se volvían a casar. Y las que tenían no debían casarse jamás, sino que vivían en continencia (De La Vega, 1609, pp. 215, Libro Cuarto, Cap. VII). Cieza dice: «*Y ha de estar con esta viudez vn año. El qual passado, según que yo lo entendí, y no antes, se puede casar, si lo quiere hazer*» (Cieza de León, 1553, pp 241, Libro I, Cap LXXIII).

Hace Guamán Poma igualmente referencia al

aborto y dice: «*Iten mandamos que la mujer que (moviese a) [abortase] su hijo que muriese, y si es hija que le castigasen doscientos azotes, y desterrasen a ellas*.» (Carrillo, 1992, pp. 146). Aquí, se revela igualmente el carácter machista que predominó en el Incanato.

En el libro primero de Cieza de León (1553, pp 265, Libro I, Cap XCV) se describe la zoofilia así: «*También he oydo por muy cierto que Francisco de Almendras, que fue vezino de la villa de Plata tomó a vna india y a vn perro: cometiendo este pecado y que mandó quemar la india. Y sin todo esto he oydo a Lope de Mendieta, y a Juan Hortiz, y a otros vezinos de la villa de Plata, que oyeron a Indios suyos como en la prouincia de Aulaga parió vna india de vn perro tres o quatro monstruos, los quales biuieron pocos días*».

En el mismo libro, Cieza de León (1553, pp 199, Libro I, Cap LXVIII) se refiere a la homosexualidad: «*Verdad es, que generalmente entre los serranos et Yungas ha... Yes, que cada templo o adoratorio principal tiene vn hombre o dos, o más: según es el ydolo. Los quales andan vestidos como mugeres dende el tiempo que eran niños, y hablaban como tales: y en su manera, trage y todo lo demás remedauan a las mugeres*».

En otro párrafo del libro de Cieza dice: «*El pecado nefando no he oydo que lo vsassen. Verdad es, que como suele ser en todas partes, no dexavan de auer algunos malos: mas estos tales, si los conocen y lo saben, son tenidos en poco, y por afeminados: y casi los mandan como a mugeres: según tengo scripto*» (Cieza de León, 1553, pp 235, Libro I, Cap LXXX).

En el Incanato se oponían al sexo contranatura (Cieza de León, 1553, pp 199, Libro I, Cap LXVIII). Este acto no se observaba en la sierra durante el incanato, aunque sí en los llanos. Fué una excepción encontrarlos entre los Guaylas (Cieza de León, 1553, pp 241, Libro I, Cap LXXXIII). Cieza de León en su segundo libro se refiere así: «*En este reyno del Perú pública fama es entre todos los naturales del cómo en algunos pueblos de la comarca de Puerto Viejo se usava el pecado nefando de la sodomía- y también en otras tierras avría malos como en las demás del mundo. Y nótese desto una gran virtud destos Yngas, porque, siendo señores tan libres y que no tenían a quien dar quenta y ni avía ninguno tan poderoso entre ellos que se la tomase...ninguno dellos usava el pecado susodicho, antes aborrecían a los que lo usavan...*» (Cieza de León, 1553, pp 74, Libro II, Cap XXV).

La prostitución estaba permitida, reglamentada, controlada y garantizada por el estado. Las que la practicaban lo hacían por imposición del gobierno y se las llamaba «pampayrunas» (porque vivían en el campo) o «mitahuarmis» (mujeres de turno)

(Garcilaso, 1609, pp. 228, Libro Cuarto, Cap. XIV; Espinoza, 1997).

En el libro II de Cieza de León (1553, pp. 22, Libro II, Cap. VIII) hace referencia a la infertilidad: *«La una de sus mugeres (de Manco Cápac) fue estéril, que nunca se empenó; en la otra ovo tres hijos varones y una hija*. En el libro I, Cieza de León (1553, pp. 65, Libro I, Cap. XVI, pp. 81, Cap. XXIII, pp. 85, Cap. XXVIII), repite en varias oportunidades, para casos de aborígenes de zonas bajas, de que si el varón casado con su hermana no tiene hijos le sucede el hijo de la hermana.

Estos escritos revelan la existencia no rara de infertilidad. Garcilaso refiere que Huayna Cápac no tuvo hijos con su primera mujer y hermana mayor llamada Pillcu Huaco (Garcilaso, 1609, pp. 511. Libro Octavo, Cap. VIII). De su segunda mujer, Raua Ocllo, la segunda hermana nació Huascar. Se dice que Huayna Cápac llegó a tener más de 200 hijos (Garcilaso, 1609, pp. 512). Esto revelaría que lo más frecuente sería, la infertilidad femenina.

La fertilidad de los Incas era muy alta, se dice que Pachacutec tuvo más de 300 hijos (De La Vega, 1609). El libro II de Cieza de León (1553, pp. 25, Libro II, Cap. X) trata de la vida de los Incas, lo cual ocurre en zonas altas (>3000 m). Aquí, se hace referencia de la gran fertilidad de los pobladores: *«...porque estos señores no avía ninguno dellos que no tenía más de setecientas mugeres...: y así todos ellos tuvieron muchos hijos que avían en estas que tenían por mugeres o mancibas...»*.

Las madres parían sin requerir de partera (Garcilaso, 1609, pp. 224). La lactancia materna duraba más de dos años, dándole de lactar tres veces al día (Garcilaso, 1609, pp. 221, Libro Cuarto, Cap. XI). Mientras criaban al niño se abstenían del coito (Garcilaso, 1609, pp. 223. Libro Cuarto, Cap. XII). Estas costumbres aún persisten en la actualidad.

Características de la Reproducción en la Conquista y la Colonia

Después que Francisco Pizarro toma el Cuzco el 15 de noviembre de 1533, funda la ciudad del mismo nombre el 23 de Marzo de 1534. Y en los años 1534-1535, se asentaron los principales establecimientos de españoles en el Perú (Pérez, 1986, pp. 89).

La más destacada e insigne de las mestizas de la primera generación fue doña Francisca Pizarro, hija de Francisco Pizarro y de doña Inés Huaylas Yupanqui (Quispe Sisa) hija de Hayna Cápac y de Contarhuacho, curaca y señora de Huaylas (2758 m). De la unión con Francisco Pizarro tuvo dos hijos, Francisca, la primera mestiza del Perú, nacida en Jauja (3410 m) en diciembre de 1534 y Gonzalo en 1535. Quispe Sisa es entregada a Pizarro por Atahualpa en Cajamarca (2750 m), hecho que debe haber ocurrido entre el 16 de noviembre de 1532, fecha de la captura de Atahualpa y el 29 de agosto de 1533, fecha de su muerte (Pérez, 1986, pp. 46). Cuando los episodios de Cajamarca,

Quispe Sisa, se hallaba en el Cusco de donde partió con la corte hacia esa ciudad del norte a reunirse con su hermano Atahualpa (Rostworowski, 1994, pp. 17), por lo que es probable que Quispe Sisa haya conocido a Pizarro recién en 1533.

La fundación de Jauja ocurrió el 25 de abril de 1534, por lo que al nacer Francisca Pizarro (Diciembre de 1534) habrían transcurrido ocho meses, por lo que es probable que Quispe Sisa haya llegado embarazada a Jauja. Francisco Pizarro entra al Cusco el 15 de Noviembre de 1533 y funda la ciudad el 23 de marzo de 1534 (Pérez, 1986, pp. 47).

Aparentemente han pasado más de doce meses desde la primera unión de Francisco Pizarro con Quispe Sisa y el momento en que ocurre el embarazo, lo que a nuestro entender puede deberse a algún efecto de la altura.

Posteriormente, Pizarro se une con una ñusta llamada Cuxirimay Ocllo (Angelina), hija de Yanque Yupanqui y Tocto Ocllo, ésta última hermana de la madre de Atahualpa. De la unión de Francisco Pizarro con doña Angelina nacieron Francisco, en el Cuzco en 1537, y Juan, que murió de niño (Rostworowski, 1994, pp. 19). Pizarro se encuentra en Cusco desde el 12 de Junio de 1535, y en Octubre parte para Lima (Pérez, 1986, pp. 53), aunque luego retorna a Cuzco en varias oportunidades.

Otro de los nacimientos de mestizos notables fue el de Garcilaso de la Vega, quien nació en el Cusco (3400 m), el 12 de abril de 1539, siendo hijo natural del capitán Garcilaso de la Vega y de la ñusta Isabel Chimpuy Ocllo, sobrina de Huayna Cápac y nieta de Túpac Yupanqui (De la Riva Agüero, 1952). Garcilaso nació ocho años después que los españoles conquistaron el Cuzco, y cinco años después que su padre llegara al Perú en febrero de 1534 (Garcilaso, 1609, pp. 49 libro I).

Otro nacimiento fue el de Blas Valera, quien nació en Chachapoyas (2334 m) en 1538 y fué hijo ilegítimo del conquistador Luis Valera y la nativa Francisca Pérez (De La Riva Agüero, 1952).

Estos hechos nos demuestran que la reproducción de los españoles con nativas de zonas de hasta 3400 metros de altura si bien podría afectarse, era temporal y no mayor de doce meses de duración. Otra situación podría ocurrir en zonas por encima de 3500 metros de altura, como se refiere en líneas más abajo.

Entre los cronistas que describen de alguna manera las características de la reproducción en la altura se encuentra el padre Antonio de la Calancha. El agustino fray Antonio de la Calancha nació el año de 1584 en Chuquisaca (Alto Perú), comprendida entonces, en el virreinato peruano. Hijo primogénito del capitán Andalúz Francisco de la Calancha y de su esposa doña María de Benavides.

Durante la colonia, el padre Antonio de la Calancha (1639) en su Crónica Moralizadora de la Orden de San Agustín remarcaba que en la ciudad de

Potosí (5400 msnm) aunque el nativo de altura se reproducía normalmente, los españoles afincados no pudieron tener descendencia, sino hasta 53 años después de su llegada, atribuyendo el primer nacimiento de un criollo ocurrido en 1598, a un milagro de San Nicolás de Tolentino.

En lo referente a este hecho, Fray Antonio de la Calancha lo describe así: *«En Potosí cuantos niños nacían de padres españoles morían al nacer y antes de los 15 días de nacido, porque el frío grande y los aires helados, los mataban. Salíanse a parir las madres a los valles vecinos, y hasta que el niño tenía más de un año se desterraban las madres de la villa. Francisco Flores que hoy es secretario de ésta Real Audiencia de Lima no logró hijos de algunos que tuvo o muertos luego de nacidos o helados luego que traídos de los valles calientes. Era devoto de San Nicolás, determinó dedicar el primer hijo a su amparo fiando de que sin sacarlo de Potosí le había de guardar. Los deudos y amigos antes que naciese le juzgaban temerario por querer que naciese en Potosí, repetía que en confianza de San Nicolás lo avía de criar allí. Nació vispera de navidad del año 1598. Púsole por nombre Nicolás y crióse allí, sanándole achaques grandes, no causados del frío, sino de otros mortales milagrosamente. Hoy es Doctor en esta Universidad y Regidor de este Cabildo, llamado el Doctor Nicolás Flores, éste fué el primer criollo de Potosí, que en 53 años se logró de los que allí nacieron. Obró tanto esta novedad, que se aclamó por milagro, que ya todos dedicaban sus hijos a San Nicolás, y poniéndole su nombre se lograron, con que en aquellos tiempos cuanto nacían se llamaban Nicolases».*

Según De La Riva Agüero (1952, pp 231), al Fray de La Calancha *«aparte su diligencia de investigador, que fué notable, hay que reconocerle efectivo ingenio, que pugna por lucir entre las sombras del mal gusto del siglo y de la pedantería monástica».* Esto nos revela que la descripción de parte de La Calancha debe considerarse como fiable.

Igualmente, sobre el milagro de San Nicolás nos cuenta el escritor Martínez Vela (1872), en los Anales de la Villa Imperial de Potosí (4300 m), que *«Don Francisco Flores y doña Leonor de Guzmán tuvieron seis hijos, más ninguno le vivió. Un día el Padre Prete les dijo que se encomendaran a San Nicolás de Tolentino, siguió el consejo y el día de la Navidad parió un niño muy hermoso. Fué el primero què se logró (sobrevivió) que los que en Potosí nacieron».*

Esta información revela que la fecundación ocurría en la altura en los recién expuestos (nacidos en el llano y que viajaron a vivir en la altura), y si la infertilidad existe es de corta duración (no mayor de 12-24 meses), y ello se evidencia en los primeros hijos de los españoles en el Perú con nativas. Lo importante de la observación del padre de la Calancha, es que nos refiere que a alturas por encima de 4000 m

era difícil mantener un hijo vivo para los que no eran nativos de la zona, situación que contrastaba con la facilidad con que se reproducían y sobrevivían los nativos de la zona. Cieza de León (1553) refiere que fué un español llamado Villaroel, en 1547 el primero que detectó la riqueza del Potosí, a partir del cual se comenzó a poblar la falda del cerro llamado Potosí (4200 m). No se conoce en que momento comenzaron a habitar juntos hombres y mujeres españoles. Refiere Martínez Vela que a principios de su fundación, Potosí albergaba 100,000 indígenas y cerca de 20,000 españoles, y que mientras que los primeros se reproducían con rica fecundidad indiana, los últimos no llegaban a tenerlos o no vivían (ver Monge, 1935).

Esta menor supervivencia de los hijos de españoles en las zonas alto-andinas podría estar asociada a una falta de adaptación a la altura, lo cual no ocurría con los nativos que si se encontraban adaptados.

Existe también la afirmación de que la Capital del Perú fué trasladada de Jauja (3300 msnm) a Lima (150 msnm), porque los caballos, gallinas y chanchos no se reproducían (Libros de Cabildos de Lima, 1935). En el Acta de Fundación de Lima se puede leer lo siguiente con respecto al cambio de la capital de Jauja a Lima: *«que en ella ni en sus términos ni en ninguna parte de la sierra se puede criar puercos ni yeguas ni aves por razón de las muchas frialdades y esterilidad de la tierra y porque hemos visto por experiencia muchas yeguas que aquí han parido morir sus crías...»* Los caballos eran animales de importancia para el traslado de los españoles, por lo que su menor capacidad para reproducirse en la altura, probablemente contribuyó en alguna medida a cambiar el lugar de la capital originalmente asignado a un lugar de altura por uno de nivel del mar.

El padre Bernabé Cobo (1897, pp 162) en su *«Historia del Nuevo Mundo»* refiere que *«Otro indicio hallo yo no menor del gran calor desta gente, y es, que los que nacen en páramos y cunas frigidísimas del primero y segundo grado de Sierra, se crían y logran mejor que los nacidos en tierras templadas y calientes: antes vemos que donde más enteros están los indios hoy y donde más se multiplican, es en los dichos temples; sucediendo al contrario en los niños hijos de españoles, que los más que nacen en tales tierras no se logran (no sobreviven); y que mueran por el rigor del frío se halla por experiencia en que, los que escapan, es por el gran cuidado que en su abrigo ponen. Ni vale alegar en contra desto que los indios están en su natural y que, por criarse desnudos y sin el regalo de los españoles, salen más duros y curtidos de las inclemencias del tiempo; por que a lo primero responde que supuesto que los hijos de españoles son engendrados y nacen en el mismo suelo y constelación que los indios, ya para ellos es tan natural la tierra y clima como para estos; y a lo segundo, que también los hijos de caciques e indios ricos se crían con tanto y más regalo que muchos*

hijos de españoles pobres, y con todo ello se halla entre ellos esta diferencia. Pero donde más se descubre es en los mestizos y cuarterones y en cuantos tienen alguna mezcla de indio; porque, criándose aquestos con el mismo regalo de los españoles, se logran tanto más que ellos cuanto más participan de sangre de indios; de suerte que ya es dicho común tomado de la experiencia cotidiana que las criaturas que tienen algo de indio corren menos riesgo en las tierras frías que las que carecen de esta mezcla» «De lo cual no sé yo que otra razón se pueda dar más congruente que la que tengo dicha, esto es, que la complexión cálida de los indios resiste el rigor del frío extrínseco; y como cuanto una criatura participa de esta complexión heredada con la sangre de sus padres, tenga tanto más calor, de ahí viene que los que se allegan más a la naturaleza de los indios, corren menos riesgos en su niñez de que los acabe el frío, como acaba y quita la vida a los más de los niños españoles de todos cuatro costados».

En estas descripciones se puede apreciar o percibir el concepto de adaptación a la altura. Un individuo que no puede reproducirse o que si se reproduce, la chance de que sus hijos sobrevivan es baja, son indicios de una falta de adaptación a la altura. En cambio, la descripción de que los nativos de altura pueden reproducirse prolíficamente y que sus hijos sobreviven bien en dicho ambiente revelan que ellos han alcanzado una adaptación a la altura, que puede haberse producido por la permanencia de esta raza humana por más de 10,000 años en los Andes.

Las crónicas revelan que si bien puede existir la infertilidad por la exposición a la altura, ésta no se presenta en todos los miembros de una especie, y si se presenta es temporal. En cambio la supervivencia neonatal en la altura, si se encuentra notablemente disminuida.

COMENTARIOS

Toda estas observaciones devienen en empíricas y anecdóticas, pero permiten orientar a pensar sobre los procesos reproductivos que acontecieron durante el incanato y la colonia en asociación a un medio ambiente de altura. Muchas de las conductas reproductivas probablemente no tengan nada que ver con el fenómeno altitud, sin embargo es probable que la altura tenga algún efecto sobre la capacidad fértil de los individuos y sobre la capacidad de supervivencia del recién nacido. Es probable, de acuerdo a las observaciones referidas líneas más arriba, que la exposición aguda a la altura, que fué la que tuvieron los españoles que llegaron a los Andes del Perú debe haber afectado negativamente su fertilidad, la cual sin embargo, fué temporal y reversible.

Otra es la situación del nativo de la altura, en el cual en un proceso que ha llevado, probablemente, muchas generaciones ha permitido que la capacidad fértil sea óptima y que sus hijos sobrevivan sin difi-

cultad. En relación al medio ambiente los relatos no invocan mayormente al efecto de la hipoxia como causa de los problemas reproductivos, más bien piensan que el frío sería una de las causas de la alta tasa de mortalidad neonatal e infantil.

4. CONTRIBUCION PERUANA AL ESTUDIO CIENTIFICO DE LA REPRODUCCION EN LA ALTURA

4.1. INTRODUCCION

La contribución peruana en los estudios científicos acerca de la reproducción se basa principalmente en las investigaciones desarrolladas para determinar el impacto de la altura, inicialmente sobre la infertilidad que produce la exposición aguda a la altura. Posteriormente los estudios se abocan a lo que acontece en los pobladores que nacen, viven y se reproducen en la altura.

Es Monge Medrano el primero que aborda científicamente el estudio de la reproducción humana en la altura. Los estudios de este insigne investigador y su grupo los realiza entre 1940 y 1945. En una revisión publicada en 1945 dice: *«...el primer hecho perfectamente observado por nosotros fué constatar la fertilidad de los seres en el Altiplano y la infertilidad humana de algunas parejas costeñas durante su residencia en los Andes, que, sin embargo, se habían reproducido antes y se reprodujeron más tarde a nivel del mar»*

Es igualmente Monge Medrano uno de los primeros que empezó a indagar en crónicas coloniales en las cuales aparecían confirmaciones históricas de aclimatación en la altura y de su efecto sobre la reproducción y la supervivencia de los neonatos (Cueto, 1989, pp 164).

Monge Medrano se constituye pues en padre de los estudios científicos sobre la reproducción humana y animal en la altura, y durante la década del cuarenta con Mauricio San Martín, Pablo Morichávez, y Jorge Atkins desarrollan una serie de estudios sobre la fertilidad de diversos animales del llano de utilidad económica llevados a la altura. Esta actividad se desarrolla en el Instituto Nacional de Biología Andina.

4.2. CONTRIBUCION PERUANA EN LA INVESTIGACION EN REPRODUCCION HUMANA EN LA ALTURA

La contribución peruana a la investigación en reproducción humana en la altura debemos separarla en dos líneas de investigación, la primera referida a la exposición aguda a la altura, y la segunda al nativo de altura.

Esta contribución se realiza igualmente en dos etapas, la primera a través del grupo liderado por el Dr. Monge Medrano en el Instituto de Biología Andina

de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, entre los años 1940-1950, y la segunda a través del grupo liderado por el Profesor Alberto Hurtado en el Instituto de Investigaciones de la Altura, desde 1961 y cuyos programas de investigación persisten en la actualidad.

4.2.A. EXPOSICION AGUDA A LA ALTURA

Primera Etapa: Estudios en animales

En el presente siglo, a partir de la década del cuarenta se inician los estudios científicos acerca del efecto de la exposición aguda a la altura sobre la fertilidad. Esto fue debido a que los animales de importancia económica que eran transportados de nivel del mar a la altura no lograban reproducirse. Estos estudios estuvieron a cargo de Carlos Monge Medrano, Mauricio San Martín y Pablo Mori-Chávez en el Instituto Nacional de Biología Andina.

Monge Medrano haciendo referencia a los datos del censo en 1939 decía que *"mientras el coeficiente de natalidad es aproximadamente el mismo a nivel del mar (30.0) y hasta 2697 metros de altitud (37.0), es mucho mayor (47.4) en aquellas localidades situadas entre 2737 y 3182 metros sobre el nivel del mar"* (Monge, 1945). Con esto hacía una distinción importante, que la situación en el nativo del Ande era diferente al del nativo o del animal del llano que es expuesto agudamente a la altura.

Decía igualmente Monge: *"Es un hecho conocido que en la Sierra, ciertos animales no se reproducen como a nivel del mar. La industria animal, a cada paso ha demostrado fracasos que significan pérdidas económicas ingentes. Los ensayos de aclimatación de la raza caballar o de ganado vacuno han sido poco promisorios..."*. En esta sentencia Monge plantea una situación que tenía importante repercusión económica, de como la "agresión climática" de la altura impedía la reproducción y supervivencia de animales de utilidad económica. Hace igualmente referencia que el humano no podía sustraerse a un imperativo biológico semejante (Monge, 1945).

La información así obtenida, le lleva a Monge Medrano a desarrollar una serie de investigaciones orientadas a confirmar científicamente la infertilidad durante la exposición aguda a la altura, y si esta infertilidad era de predominio masculino o femenino. Para ello diseña una serie de estudios en animales. Dice Monge Medrano: *"Pero, permítaseme insistir en la necesidad del más riguroso control científico, lo que exige tiempo, recursos e investigadores. En 10 años se ha llegado a conocer el problema que por primera vez se plantea en términos precisos. No sé cuántos más ha de necesitar para hacer posible su aplicación industrial, que debe ser precedida por la experimentación de laboratorio. Un laboratorio de fertilidad debidamente montado, con técnicos capacitados y becarios que debieran entrenarse en determinados pun-*

tos en América, permitirían en un año resolver definitivamente todo lo concerniente a la experimentación en laboratorio primero, y su aplicación industrial después, en lo que no me cansaré de insistir" *"Huelga todo comentario sobre el beneficio de la economía ganadera"*.

En sus expresiones Monge Medrano demuestra una capacidad de integrar una investigación experimental básica en una proyección futura y de utilidad al país. Es decir orienta una investigación a la realidad nacional.

La investigaciones iniciales en reproducción se realizan en gatos y conejos transportados a diferentes alturas. Un gato fué transportado a Morococha (4500 m) y a los seis meses castrado para estudiar histológicamente el testículo detectándose ausencia de células germinales. Un dato importante y que nunca se tomó en cuenta, es que el estudio histológico de las células de Leydig demostraba hiperactividad endocrina (Monge y Mori-Chávez, 1942). Como se verá más adelante la mayor actividad androgénica durante la exposición aguda a la altura es una característica que se observa en animales y en humanos.

Las primeras investigaciones realizadas en conejos llevados a la altura demuestran en forma más discreta y transitoria, una inhibición de la espermatogénesis, pero que se presenta en todos los animales. En conejos que han permanecido más tiempo, un mes o más, no se encuentran tales alteraciones, lo que hace suponer una acción transitoria de la altura sobre la espermatogénesis (Monge y Mori-Chávez, 1942).

San Martín y Atkins (1942) realizan estudios en carneros, y demuestran que el semen de carneros importados y el de los hijos de éstos, nacidos en la altura, presentan diferencias notables comparados con los caracteres que se obtienen al nivel del mar. Igualmente encuentran que el sémen en la altura tiene un menor poder fecundante, comparado con el que se obtiene a nivel del mar. La tasa de natalidad es menor con la observada a nivel del mar. Igualmente, los dilutores del semen que se usan a nivel del mar para inseminación artificial no tienen utilidad en la altura, debiéndose modificar su composición, incrementando la concentración de glucosa y disminuyendo la de tartratos (San Martín, 1942). Con éste último resultado el autor plantea dos preguntas: *"¿Estas modificaciones se experimentan desde una altura límite y se mantienen constantes o varían paralelamente con la altura? Y ¿Existe una acción físico-química en la atmósfera enrarecida que altera el equilibrio de los tampones?"*. A nuestro conocimiento, hasta la fecha no han sido respondidas estas preguntas. Sin embargo es de anotar que muchas funciones biológicas están en relación directa o inversa con la altura, a partir de una altura crítica; por citar un ejemplo, la menarquia o edad de la primera menstruación es más tardía en la altura, pero sólo a partir de los 3000 m de altura, y a medida que aumenta la altura de residencia, aumenta

la edad de menarquia (Gonzales y col, 1997).

Monge y San Martín (1942) transportaron dos carneros de nivel del mar a Huancayo (3280 m) demostrándose azoospermia en ambos. En uno de ellos el efecto fué reversible, en tanto que en el otro el efecto se mantuvo durante el período que duró el estudio. Anotan Monge y San Martín, "*que el carnero azoospermico 'sirve' con toda actividad*". La actividad sexual es andrógeno-dependiente por lo que se puede deducir que la actividad androgénica no disminuye durante la exposición aguda a la altura.

En resumen, los estudios realizados en animales expuestos agudamente a la altura demuestran que tanto los gatos, ovinos como los conejos presentan oligozoospermia y azoospermia al cabo de 50 días de estar expuestos a la altura (Monge y San Martín, 1942). Esta infertilidad, sin embargo es temporal y se revierte después de 6 meses de permanencia en la altura.

Segunda Etapa: Estudios en Humanos

Esta segunda etapa, si bien se inicia con la tesis de bachiller en Medicina de Roger Guerra-García en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, tiene su mayor brillo en el Instituto de Investigaciones de la Altura, que se funda el 22 de Setiembre de 1961, bajo la dirección del Profesor Alberto Hurtado.

En 1959, Roger Guerra-García demuestra que los cobayos machos de nivel del mar trasladados a Morococha (4500 m) muestran alteraciones degenerativas en los túbulos seminíferos después de dos semanas de estadía y concomitantemente observó un incremento en las células basófilas hipofisiarias, células productoras de las gonadotropinas (Guerra-García, 1959). Si bien con este estudio se verificaba el efecto negativo de la exposición aguda a la altura sobre la espermatogenesis, el hallazgo de un incremento de las células basófilas de la adenohipófisis hacía sospechar que la producción de gonadotropinas durante la exposición aguda a la altura debería estar incrementada.

En 1961 se crea el Instituto de Investigaciones de la Altura de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y una de sus líneas de investigación está orientada a la reproducción particularmente en sus aspectos endocrinológicos. Los estudios se abarcan tanto a la exposición aguda a la altura, como a la situación del nativo de altura.

Los estudios se inician tratando de demostrar cambios en los niveles de gonadotropinas hipofisiarias por efecto de la hipoxia aguda, como una línea de investigación basado en los hallazgos iniciales de Guerra-García (1959). No se encontró diferencias en la excreción urinaria de gonadotropinas

entre los nativos de la altura, ni durante la exposición aguda a la altura (Sobrevilla y col, 1967). En tanto, que la exposición aguda a la altura en humanos disminuye los niveles plasmáticos de hormona luteinizante (LH) y de hormona foliculo estimulante (FSH) (Sobrevilla y Midgley, 1971).

La excreción urinaria de testosterona está reducida durante la exposición a la altura, cambio que es temporal, en tanto que la tasa de producción de testosterona no se modifica (Guerra-García, 1971).

En 1968, Donayre y col demuestran que la exposición aguda a la altura (4340 m) ocasionaba en humanos una disminución en el número de espermatozoides y en la motilidad de los espermatozoides; igualmente se observó un incremento en los niveles de fructosa seminal. La fructosa es secretada por las vesículas seminales, y su concentración seminal está relacionada a los niveles de testosterona sérica (Gonzales, 1994a). De esto se deduce que probablemente durante la exposición a la altura ocurra un incremento de la testosterona circulante.

Tabla 1.- Testosterona sérica (ng/ml) en tres varones expuestos agudamente a la gran altitud.

Sujeto	Nivel del mar	Altura	Nivel del mar
1*	5.8	6.4	5.5
2*	2.2	6.8	2.7
3**	4.9	8.1	--

*Expuesto a 3800 m; **Expuesto a 4340 m. Adaptado de Llaque (1974) y Gonzales (1983).

Guerra-García (1971) demuestra que la excreción urinaria de testosterona está reducida durante la exposición aguda de varones adultos a la altura, en tanto que la tasa de producción de la testosterona, calculada por un método urinario, no se modifica. La respuesta a la hCG es similar a nivel del mar y después de la exposición aguda a la altura. Posteriormente, Llaque (1974) y Gonzales (1983) demuestran que las concentraciones séricas de testosterona se elevan en varones expuestos agudamente a la altura (4340 m), y que retornan a sus niveles iniciales al descender a nivel del mar (Tabla 1). Estos hallazgos sugieren que en la exposición aguda a la altura el catabolismo de la testosterona se encuentra disminuída lo que condiciona una mayor disponibilidad del andrógeno circulante.

Tabla 2.- Niveles de testosterona y prolactina sérica en ratas machos expuestos agudamente a la altura de Morococha (4340 m).

Días de exposición a la altura	Prolactina ng/ml	Testosterona ng/ml
0	23.02 ± 0.46	1.77 ± 0.11
7	36.39 ± 0.72	4.24 ± 0.16
14	34.53 ± 0.76	3.86 ± 0.22
21	32.92 ± 0.87	4.05 ± 0.26
28	31.57 ± 1.17	4.02 ± 0.16

Los datos son promedios ± ES. Adaptado de Mujica, 1994.

Tabla 3.- Niveles de testosterona sérica en ratas expuestas agudamente a la altura: Efecto del pretratamiento con ciproheptadina, un antiserotonérgico.

Días de exposición a 4340 m.	Control	Ciproheptadina
0	1.74 ± 0.31	1.93 ± 0.52
2	1.60 ± 0.48	2.11 ± 0.70
4	3.86 ± 0.62 ^a	1.58 ± 0.40 ^b

Los datos son promedios ± ES de la testosterona sérica (ng/ml). ap<0.01 con respecto a los valores el día 0 y al día 2 de exposición a la altura. bp<0.01 con respecto al control. Fuente: Gonzales y col. 1990.

La mayor concentración de testosterona sérica observada en varones adultos durante la exposición aguda a la altura también es apreciada en ratas (Tablas 2 y 3), y parece ser dependiente del incremento de la actividad serotoninérgica (Gonzales y col, 1990) y del incremento de la prolactina (Mujica, 1994).

Gonzales (1992) ha demostrado que la serotonina potencia la secreción de testosterona ante el estímulo gonadotrófico por la células de Leydig in vitro. Este efecto parece ser mediado por las prostaglandinas, puesto que la serotonina activa la vía de la ciclooxigenasa. La inhibición de la síntesis de prostaglandinas con indometacina, inhibe la secreción de testosterona inducida por hCG (Gonzales, 1992a).

EFFECTO DE LA RAZA NEGRA EN LA ACLIMATACION A LA ALTURA.

Los niveles de testosterona sérica son mayores en varones de raza negra que en aquellos de raza blan-

ca (Ross y col, 1986). Ello puede implicar que el proceso de aclimatación a la altura ocurra más tempranamente en los sujetos de raza negra.

No existen estudios sobre los niveles de testosterona sérica en varones de raza negra expuestos agudamente a la altura; aunque hay un estudio acerca de la aclimatación a la altura de los varones de raza negra y blanca basado en las mediciones de la saturación arterial de oxígeno y de la frecuencia cardíaca, ambas en condiciones de reposo. El estudio se ha realizado en jugadores de la selección peruana de fútbol que fueron trasladados a Cusco, ubicado a 3400 metros de altura, para un proceso de aclimatación (Gonzales, 1998).

La saturación arterial de oxígeno al arribo a la ciudad del Cusco fue significativamente mayor en los jugadores de fútbol de raza negra que en los de raza blanca. En los otros tiempos de evaluación, la saturación arterial de oxígeno fue similar en jugadores de raza negra y en aquellos de raza blanca. Esto quiere decir que el individuo de raza negra demora más en insaturarse cuando se expone a la altura.

En los jugadores de raza negra hay igualmente una caída de la saturación arterial de oxígeno del segundo día hasta el cuarto día de permanencia en la altura. Al quinto día, los valores de la saturación arterial de oxígeno se incrementan significativamente; ésta situación ocurre recién al sexto día en los jugadores de raza blanca. Es decir, los deportistas de raza negra, en términos de saturación arterial de oxígeno, se aclimatan más rápidamente que los de raza blanca. Al séptimo, octavo y décimo día de permanencia en la altura, la saturación arterial de oxígeno fue similar en blancos y negros. El valor máximo de la saturación arterial de oxígeno ocurre en los jugadores de raza negra al quinto día de permanencia en la altura, en tanto que en los jugadores de raza blanca, esto ocurre recién al séptimo día.

En relación a la frecuencia cardíaca, ésta se incrementa más tempranamente en los jugadores de raza negra. Al octavo día de permanencia a 3400 metros de altura, la frecuencia cardíaca en reposo es similar en el jugador de raza negra que en el de raza blanca.

La diferencia en la aclimatación a la altura entre jugadores blancos y negros está dada por el tiempo en que ésta ocurre, siendo más temprano en negros que en blancos. De esto se concluye que el jugador de raza negra se aclimata adecuadamente a la altura y en un tiempo menor al observado en el jugador de raza blanca.

TESTOSTERONA E HIPOXIA AGUDA

El incremento de la testosterona sérica durante la exposición aguda a la altura permitiría regular la hiperventilación que ocurre desde el momento que se expone a la altura en respuesta a la menor saturación de oxígeno arterial. La testosterona al disminuir la

hiperventilación evitaría que la alcalosis producida por la hipocapnea sea prolongada, con lo que se prevenirían los síntomas a ella atribuidas, y facilitaría llegar a la aclimatación de manera adecuada, tal como se ha descrito para los jugadores de fútbol de raza negra.

FUNCION TESTICULAR EN EL MAL DE MONTAÑA AGUDO

La exposición aguda a la altura se asocia a un incremento en los niveles de testosterona sérica en varones adultos sin sintomatología de mal de montaña agudo.

En un estudio realizado en 1979 en trabajo colaborativo con la Dra. Shimu Fujibayashi de Japón (no publicado), 12 varones fueron trasladados a la altura de Cerro de Pasco (4340 m) durante 7 días. Dos de los 12 sujetos presentaron síntomas de soroche, concomitantemente, éstos sujetos no incrementaron sus niveles de testosterona sérica, a diferencia de los otros 10, quienes no presentaron síntomas de soroche y todos ellos incrementaron los niveles de testosterona sérica.

Este hallazgo confirmó, la presunción previa de Llaque (1974) en el sentido que dos de tres sujetos expuestos agudamente a la altura presentaban síntomas de soroche y ninguno de ellos incrementó los niveles de testosterona por la exposición aguda a la altura. Un tercer sujeto, quien no presentó soroche incrementó los niveles de testosterona sérica al segundo día de exposición a la altura de Cerro de Pasco, manteniéndose elevado al tercer día.

Uno de los sujetos con soroche, disminuyó sus niveles de testosterona sérica al primer y segundo día de exposición a la altura, pero elevándose posteriormente al tercer, cuarto y quinto día, cuando los síntomas de soroche remitieron. En el segundo sujeto con soroche, se realizó la prueba del citrato de clomifeno, encontrándose una ausencia de respuesta en término de falta de incremento en los niveles de testosterona sérica. Teniendo en cuenta que los varones que son expuestos agudamente a la altura no sufren variación en la respuesta a la hCG (Guerra-García, 1971), se asume que la falta de respuesta al clomifeno sea parte del proceso del mal de montaña agudo.

En resumen, los niveles de testosterona se encuentran incrementados en los sujetos que no presentan soroche y disminuidos en aquellos que tienen sintomatología debido a la exposición aguda a la altura. Es probable que la sintomatología se deba a la hiperventilación inicial que conduce a una hipocapnea (Gonzales, Villena y Aparicio, 1998); ésta hiperventilación puede ser regulada por el incremento en la testosterona sérica.

Como es conocido la testosterona inhibe la ventilación y la respuesta ventilatoria producida por la hipercapnea, y aumenta el apnea del sueño (Emery y col, 1994), evitando con ello los síntomas del soroche, la mayor hipoxemia nocturna (consecuencia de

la hipoxia ambiental, y la apnea producida por la testosterona) favorecería tanto el aumento de la eritropoyesis, como los mecanismos contraregulatorios que inducen el incremento de la saturación arterial de oxígeno y la disminución de la frecuencia cardíaca, que como hemos visto anteriormente serían indicadores de que la aclimatación ha ocurrido o está progresando favorablemente.

Estos resultados sugieren que el incremento de la testosterona durante la exposición aguda a la altura sería de beneficio para el proceso de aclimatación a la altura. En adición a lo anterior, a nivel del mar se han encontrado sujetos con dos características diferentes ante un mismo estímulo.

La hipoxia producida por el apnea del sueño produce una desaturación del oxígeno arterial; esto es, la saturación arterial de oxígeno disminuye en relación al valor diurno. Kouchiyama y col (1989) han encontrado que un grupo de sujetos tiene una desaturación más prolongada que el otro, que en otros términos significa que está más tiempo hipoxémico que el otro grupo, y concomitantemente se observa un retardo en la elevación matinal de la testosterona. Así, a las 6 am, los más hipoxémicos tienen menores niveles séricos de testosterona que los que hicieron hipoxemia por menos tiempo durante el sueño.

Estos resultados sugieren que para futuros estudios sobre la función testicular en la exposición aguda a la altura es importante identificar, en los sujetos estudiados, la presencia o ausencia de mal de montaña agudo, que como es conocido afecta a cerca del 40% de aquellos que ascienden sobre 3000 m (Gonzales, Villena y Aparicio, 1998).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- **Acosta J.** Historia Natural y Moral de las Indias en que se trata de cosas notables del cielo, de los elementos, metales, plantas y animales. 1590
- 2.- **Bonavía D.** Perú. Hombre e Historia. De los orígenes al Siglo XV. Tomo I. Edubanco: Lima. 1a Edición. 586 pp, 1991.
- 3.- **Carrillo F.** Guamán Poma de Ayala. En. Enciclopedia Histórica de la Literatura Peruana. Editorial Horizonte: Lima. 343 pp, 1992.
- 4.- **Cieza de León P.** Crónica del Perú. Sevilla. Libro I. 317 pp. 1553
- 5.- **Cieza de León P.** Crónica del Perú. Sevilla. Libro II. 213 pp. 1553a
- 6.- **Cieza de León P.** Crónica del Perú. Sevilla. Libro III. 406 pp. 1553b.

- 7.- **Cobo B.** Historia del Nuevo Mundo, Sevilla. 1636
- 8.- **Cueto M.** Excelencia Científica en la Periferia. Actividades Científicas e Investigación Biomédica en el Perú. 1890-1950. Grade/CONCYTEC:Lima. 230 pp. 1989.
- 9.- **De La Calancha A.** Crónica Moralizadora de la Orden de San Agustín. Barcelona. 1639
- 10.- **De La Riva Aguero J.** La Historia en el Perú. (2da Ed). Imprenta y Editorial Maestre: Madrid. 531 pp. 1952
- 11.- **De la Vega Inca G.** Comentarios Reales. Lima: Ed. Mercurio. 2 tomos. 1609
- 12.- **Donayre J., Guerra-García R., Moncloa F., Sobrevilla LA.** Endocrine studies at high altitude. IV. Changes in the semen of men. **Journal of Reproduction and Fertility** 16: 55-58. 1968.
- 13.- **Emery MJ., Hlastala MP., Matsumoto AM** (1994) Depression of hypercapnic ventilatory drive by testosterone in the sleeping infant primate. **J. Appl. Physiol.** 76: 1786-1793.
- 14.- **Espinoza W.** Los Incas: Economía Sociedad y Estado en la Era del Tahuantinsuyo. Amaru Editores:Lima. 507 pp. 1997.
- 15.- **Gonzales GF., Rodríguez L., Valera J., Sandoval E., García MA.** Prevention of high altitude-induced testicular disturbances by previous treatment with cyproheptadine. **Archives of Andrology.** 24: 201-205. 1990
- 16.- **Gonzales GF.** Endocrinología en las grandes alturas. **Revista de la Asociación Nacional de Biólogos del Perú.** 2:9-66. 1983
- 17.- **Gonzales GF** Rol de la serotonina y del factor de crecimiento epidermal (EGF) en la secreción de testosterona por células de Leydig de ratas in vitro. IV Congreso Peruano de Endocrinología. Lima:Perú. Res. 25. 1992.
- 18.- **Gonzales GF.** Rol de la vía de la ciclooxigenasa en la secreción basal y post-hCG de testosterona en células de Leydig de ratas in vitro. Congreso Peruano de Endocrinología. Lima:Perú. Res. 24. 1992a.
- 19.- **Gonzales GF.** Corrected seminal fructose test. **Archives of Andrology.** 33:17-22. 1994.
- 20.- **Gonzales GF .** Gallinazo no canta en puna: la aclimatación del futbolista de raza negra en: El futbol y la aclimatación a la altura. Lima: Edición IIA, 1998.
- 21.- **Gonzales GF, Villena AE.** Age at menopause in Central Andean Peruvian Women Menopause 1997; 4:32-38.
- 22.- **Gonzales GF., Villena AE., Aparicio R.** Acute mountain sickness: Is there a lag period before symptoms? **Am J Human Biol.** (En prensa), 1998.
- 23.- **Gonzales GF., Villena AE, Escudero F., Coyotupac J.;** Vida reproductiva en los Andes; El ciclo reproductivo femenino. Estudios fisiológicos, epidemiológicos y demográficos **Acta Andina** 1997; 6: 11-44
- 24.- **Guerra-García R.** Hipófisis, adrenales y testículos de cobayos a nivel del mar y en la altitud. **Tesis de Bachiller en Medicina.** UNMSM:Lima, 1959.
- 25.- **Guerra-García R.** Dinámica de la androgénesis en las grandes alturas. Tesis Doctoral. Universidad Peruana Cayetano Heredia:Lima, 1971.
- 26.- **Guerra-García R.** Testosterone metabolism in men exposed to high altitude **Acta Endocrinologica Panamericana** 2:55-64. 1971.
- 27.- **INEI.** Encuesta demografica y de salud familiar, 1996 lima: Instituto Nacional de Estadística e Informatica. 1997; 334 pp.
- 28.- **Kouchiyama S., Masuyama S., Shinozaki T., Kurono T., Sakuma T., Tastumi K., Kimura H., Honda S., Kuriyama T.** Prediction of the degree of nocturnal oxygen desaturation in sleep apnea syndrome by estimating the testosterone level. **Nippon Kyobu Shikkai Gakkai Zasshi.** 27: 941-945. 1989.
- 29.- **Llaque W.** Estudio del EG hipofisiario-gonadal en hombres normales a nivel del mar y en la altura. Tesis doctoral en Medicina Lima :UPCH. 1974
- 30.- **Mac Neish RS.** Early man in the Andes. **Scientific Am.** 224(4): 36-46. 1971.
- 31.- **Martínez Vela B.** Anales de la Villa Imperial de Potosí. Archivos Bolivianos-Vicente Ballivian y Rosas. Imprenta A Franck:Paris. 1872.

- 32.- **Monge MC.** Política sanitaria indiana y colonial en el Tahuantisuyo. An. Fac Ciencias Médicas. 17:233-276, 1935.
- 33.- **Monge MC.** Aclimatación en los Andes-Confirmaciones históricas sobre la Agresión Climática en el desenvolvimiento de las sociedades de América. An. Fac Medicina:Lima. 28:307-382, 1945.
- 34.- **Monge MC, Mori-Chávez P.** Fisiología de la Reproducción en la altura. An. Fac. Ciencias Médicas. Universidad de Lima:Lima. 25:34-40, 1942.
- 35.- **Monge MC, San Martín M.** Nota sobre azoospermia de carneros llegados a la altura. An. Fac. Ciencias Médicas. Universidad de Lima: Lima. 25: 58-62, 1942.
- 36.- **Mujica E.** Acción de la prolactina en los niveles de testosterona plasmática en ratas sometidas a hipoxia de altura. Acta Andina. 3: 125-136, 1994.
- 37.- **Nacional Research Council.** Efectos Directos de los Patrones Reproducción: Consecuencias para la salud de mujeres y niños en el mundo en desarrollo. Ed. Panamericana: Buenos Aires, pp 12-24, 1990.
- 38.- **Pérez I.** Bartolomé de las Casas en el Perú. 1531 -1531. Centro de Estudios Rurales Andinos Bartolomé de las Casas: Cusco. 712 pp, 1986.
- 39.- **Ross R., Bernstein L., Judd H., Hanisch R., Pike M., Henderson B.** Serum testosterone levels in healthy young black and white men. J. Nat. Cancer Inst. 76: 45-48, 1986.
- 40.- **Rostworowski M.** Doña Francisca Pizarro. Una Ilustre Mestiza. 1534-1598. 2da edición. Instituto de Estudios Peruanos:Lima. 162 pp, 1994.
- 41.- **San Martín M., Atkins J.** Estudios sobre la fertilidad del ganado lanar en la altura. An. Fac. Ciencias Médicas. Universidad de Lima:Lima. 25:41-54, 1942.
- 42.- **San Martín M.** Problema de los dilutores de semen en la altura. An. Fac Ciencias Médicas. Universidad de Lima:Lima. 25: 55-57, 1942.
- 43.- **Sobrevilla LA, Romero I, Moncloa F, Donayre J, Guerra-García R.** Endocrine studies at high altitude. III. Urinary gonadotrophins in subjects native to and living at 14000 feet, and during acute exposure of men living at sea level to high altitudes. Acta Endocrinologica 56: 369-375, 1967.
- 44.- **Sobrevilla LA, Midgley AR.** The plasma gonadotropin response to acute high altitude exposure. Acta Endocrinológica Panamericana. 2:47-53, 1971.
- 45.- **Uhle M.** Estudios sobre historia incaica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos:Lima. 161 pp, 1969.
- 46.- **Verzhbinskaya NA.** Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya Biologicheskaya N° 3, p. 430, 1962.