



El Correo

JUNIO 1987 - 9 francos franceses (España: 240 pts. IVA incl.)



VIVIR PELIGROSAMENTE

**la adaptación
a las situaciones
extremas**

La hora de los pueblos



Foto F. Mattioli © PMA

Voluntarios para el desarrollo

Lesotho, pequeño país del sur de Africa rodeado de tierra por todas partes, tiene que hacer frente a un grave problema de erosión como resultado de las sequías seguidas de intensos aguaceros, del exceso de pastoreo y de la tala de árboles para obtener leña. Con el fin de combatir la erosión, aumentar la producción agrícola, mejorar la red de carreteras y fomentar la creación de reservas forestales en las aldeas, el gobierno del país, con la ayuda del Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas, organizó un proyecto de alimentos para el trabajo con grupos de campesinos voluntarios. La mano de obra era en un 90 por ciento femenina. En la foto, una campesina con su bebé a la espalda traspala la tierra para convertir un sendero en carretera.

Cómo se adapta la vida a las condiciones extremas

por Felix Zalmanovic Meerson

TANTO en el hombre como en el animal, la adaptación es un proceso en virtud del cual el organismo adquiere progresivamente la capacidad, que antes no poseía, de resistir a determinados elementos de su entorno. De ese modo se vuelve apto para vivir en condiciones que antes se consideraban incompatibles con la vida y para resolver problemas que se creía insolubles.

La adaptación puede ser completa y permitir gran variedad de actividades físicas y psíquicas, entre ellas la perpetuación de la especie, en entornos inhóspitos (regiones polares, desiertos o altas montañas); pero puede ser también parcial y capacitar sólo para sobrevivir durante un determinado periodo de tiempo. La solución de problemas aparentemente insolubles puede conseguirse en situaciones relativamente sencillas (evitar ser atacado por un animal predador haciendo el muerto, por un reflejo de defensa pasiva) o muy complejas (viajar por el espacio o actuar sobre procesos orgánicos vitales).

Todos esos mecanismos de adaptación tienen un punto en común: en una primera fase el organismo alcanza el límite de sus posibilidades pero sólo imperfectamente consigue resolver el problema con el que se enfrentaba. Seguidamente, si el hombre o el animal en cuestión sobrevive y el agente causal de la adaptación persiste, aumentan las posibilidades del organismo y una adaptación eficaz y duradera sucede a la reacción de urgencia inicial.

Este tránsito constituye el momento decisivo de todo el proceso y sus resultados son a menudo sorprendentes, como muestran los experimentos realizados por un científico peruano que encerraba en un habitáculo presurizado a varios individuos adaptados a la altitud y a otros que no lo estaban. Cuando en el habitáculo la presión equivalía a 7.000 metros de altitud, los primeros perdían el conocimiento mientras los segundos continuaban jugando tranquilamente al ajedrez. De idéntica manera, un hombre en buen estado de salud pero no entrenado sólo puede correr sin interrupción varios centenares de metros mientras que otro entrenado es capaz de correr más de 40 km.

En varios países los grandes fríos que han azotado este invierno a Europa han tenido consecuencias catastróficas, con decenas de muertos. Mientras tanto, en Verjoiansk, ciudad de Siberia oriental que es uno de los polos mundiales del frío, los escolares de

ocho o nueve años acuden a la escuela y las manadas de caballos salen como de costumbre conducidos por sus guardas con temperaturas de -57° .

También en la esfera intelectual, donde las reacciones de adaptación son cualitati-



Foto V. Chistiakov © APN, Moscú

En 1984, como parte de un experimento soviético sobre las posibilidades de vida en las regiones desérticas, un grupo de personas atravesaron el desierto de Karakorum, en la R.S.S. de Turkmenistán. Una de las condiciones de esta prueba de resistencia, que siguieron atentamente los médicos, era la prohibición de beber agua. En la foto, uno de los médicos del experimento examina a dos de los caminantes durante un alto.

Foto V. Chistiakov © APN, Moscú



En 1979 siete esquiadores soviéticos alcanzaron el Polo Norte tras recorrer 1.500 km sobre los hielos en un viaje que duró dos meses y medio y contribuyó a un mejor conocimiento de las condiciones de vida en las regiones árticas (ver El Correo de la Unesco de enero de 1980). En el enclave mismo del polo tuvo lugar una ceremonia para celebrar la hazaña (abajo).



vamente más complejas, se manifiesta nítidamente el paso de la etapa de tensión extrema a otra de adaptación duradera. Hoy conocemos bien, por haber sido descrita con detalle, la transformación que experimenta el organismo al adaptarse.

Frente a una situación nueva se producen en el organismo dos secuencias conexas de hechos. En la primera secuencia actúa enérgicamente la función del sistema más directamente interesada por el proceso de adaptación—el aparato locomotor o circulatorio si se trata de un ejercicio físico o un centro especializado del cerebro si se trata de aprender o de adquirir nuevos hábitos—; las células reaccionan incrementando la síntesis de ácidos nucleicos y de proteínas, con lo que se produce un desarrollo selectivo de las estructuras que determinan la función. Por ejemplo, en los procesos de adaptación a la altitud o al esfuerzo físico el caudal sanguíneo de las arterias coronarias aumenta y la cantidad de mitocondrios—esos “relés energéticos”— en los músculos del esqueleto se duplican o triplican. Esto origina en las células del sistema dominante, aquel del que depende la adaptación, una serie de modificaciones que estimulan sus capacidades y constituyen la base material del paso de un estado extremo a una adaptación verdadera.

La segunda secuencia es la del estrés, el conocido fenómeno descrito por el biólogo canadiense Hans Selye que le ha llamado “síndrome general de adaptación”. Hoy sabemos que la reacción de estrés, que se manifiesta en la emisión de hormonas surrenales en la sangre, no tiene sólo por objeto movilizar los recursos energéticos y estructurales del organismo sino también conseguir su transferencia de los sistemas no activos al sistema dominante. Dicho de otro modo, esa reacción permite responder al problema vital que plantea el entorno. Cuando se ha realizado la adaptación, el

hombre se ha habituado al frío, ha aprendido a resolver problemas matemáticos o a tocar el piano y la reacción de estrés desaparece. De idéntica manera se produce la adaptación a otros elementos, físicos o químicos, como el acomtumbramiento progresivo al veneno por mitridatización.

Tras esto, el organismo queda protegido contra los ataques del factor exterior al que se ha adaptado. Es curioso que las múltiples reacciones que desencadena el proceso de adaptación a uno de los factores del entorno entrañen con mucha frecuencia elementos que acrecen también la resistencia a otros factores. Así, por ejemplo, la adaptación a la insuficiencia de oxígeno refuerza la resistencia del organismo al esfuerzo físico, a los alucinógenos, a los epileptógenos, a las causas de hipertensión, a las lesiones cardíacas producidas por el estrés, a la isquemia (interrupción del riego sanguíneo de un órgano o un tejido) o a las radiaciones ionizantes.

Este aspecto de la adaptación abre anchas perspectivas a la prevención y el tratamiento de las enfermedades. En una época en que el consumo considerable, incluso abusivo, de sustancias farmacológicas está suscitando en el hombre una auténtica dependencia, sería útil que los médicos prescribieran a sus pacientes, además de medicamentos, la adaptación a este o aquel elemento de su entorno.

Está hoy demostrado que las tensiones exteriores suscitan o favorecen las úlceras gastroduodenales, la hipertensión, la arterioesclerosis, la isquemia cardíaca, la diabetes, las enfermedades mentales, las afecciones cutáneas y, según sabemos desde hace poco, los tumores.

Pero esta función hoy tan generalmente reconocida del estrés en ciertos fenómenos patológicos oculta de algún modo un hecho

En el océano Indico estos buceadores soviéticos estudian la radiación luminosa bajo el agua, en el marco de un experimento que realiza el Instituto de Biología del Mar del Centro de la Academia de Ciencias de la URSS para el Lejano Oriente.

Foto V. Dvoretzki © APN, Moscú



Foto R. Denisov © Tass, Moscú

no menos importante: que en su gran mayoría los seres vivos sometidos a perturbaciones graves de las que no pueden escapar no mueren sino que adquieren ciertos tipos de resistencia que les permiten mantenerse vivos en espera de mejores tiempos. Situaciones como esas —hambrunas prolongadas, olas de frío, catástrofes naturales, conflictos entre especies o dentro de una misma especie— son muy frecuentes en la naturaleza y entre los animales.

También en la sociedad humana se producen situaciones de extrema tensión, más complejas pero no menos frecuentes. Así, por ejemplo, en un periodo relativamente breve de su historia la humanidad ha tenido que hacer frente a graves trances que van desde la esclavitud y la servidumbre hasta las dos guerras mundiales, dando siempre muestras de la eficacia de sus facultades de adaptación. Naturalmente, el precio que por ello ha tenido que pagar resulta intolerable, pero fuerza es constatar que el organismo humano dispone de mecanismos pro-



pios que le permiten limitar la reacción de estrés y prevenirse contra sus estragos.

Las investigaciones de los últimos diez años han confirmado la existencia de esos mecanismos inhibidores. Se ha demostrado que, bajo la influencia de las tensiones extremas, la reacción de estrés va acompañada por un reforzamiento de la actividad de los sistemas centrales inhibidores del estrés. El fenómeno se presenta, por ejemplo, en forma de incremento de la producción en el cerebro de peptinas opioides semejantes a la morfina y de otras sustancias análogas que atenúan la reacción de estrés. Esas sustancias se acumulan en el cerebro y neutralizan la excitación nerviosa que provoca el estrés.

La actividad de los inhibidores de éste se reproduce en los demás órganos, donde se acumulan también sustancias que reducen la acción de las hormonas del estrés sobre las células y previenen las lesiones. Esta doble acción de los inhibidores centrales y locales del estrés protege el organismo con-

tra la úlcera gástrica, las enfermedades cardíacas, el debilitamiento de las defensas inmunitarias, la arritmia y otras perturbaciones causadas por sustancias químicas.

En resumen, la ciencia viene a confirmar lo que puede observarse en la vida corriente: los individuos que han pasado por pruebas muy duras durante su vida adquieren cierta resistencia a las vicisitudes de la existencia. Pero también gracias a la ciencia podemos hoy considerar la posibilidad de utilizar las sustancias producidas por los centros inhibidores del estrés, sus equivalentes sintéticos y las sustancias químicas capaces de estimular esos centros inhibidores como sustitutos de los mecanismos naturales de adaptación para que el organismo pueda precaverse contra el estrés y otras perturbaciones. Esta hipótesis, que los experimentos hasta ahora realizados confirman con largueza, abre perspectivas sobremanera prometedoras para la prevención y el tratamiento de las enfermedades no infecciosas. □

La pequeña ciudad de Verjoiansk, en la Siberia oriental (R.S.S. de Yakutia) es uno de los puntos más fríos del planeta. Allí es corriente en invierno una temperatura de -60°C. Ello no impide que la vida siga su curso normal, como en esta granja donde se cría una raza local de caballos particularmente resistentes al frío.

FELIX ZALMANOVICH MEERSON, especialista soviético en patología, es presidente de la Comisión especializada "Fisiología patológica de los procesos de adaptación" del Consejo Científico de la Academia de Medicina de la URSS. Experto de la OMS (Organización Mundial de la Salud) y miembro de la redacción de varias revistas científicas internacionales, es autor de unas quince obras, algunas de las cuales también se han publicado en los Estados Unidos, la R.F.A. y el Japón. Junto con el académico Oleg G. Gazenko ha sido compilador responsable del volumen La fisiología de los procesos de adaptación (1986). En 1978 obtuvo el Premio de Estado de la URSS.



por *Gerardo Antesena,*
Mario Paz Zamora
y *Enrique Vargas*

CASI toda la población del globo vive en zonas situadas entre el nivel del mar y los 3.000 metros. Solamente unos quince millones de seres humanos habitan de manera permanente por encima de ese límite, hasta los 4.000 metros, principalmente en el altiplano andino y en el Asia central (Tíbet).

A los hombres establecidos en esas zonas elevadas la altitud les plantea inevitablemente una serie de problemas. En el siglo I de nuestra era el historiador chino Pan Kou afirmaba, refiriéndose a la gran cordillera de Karakorum, en Asia central: "Es preciso atravesar dos montañas, una grande y otra pequeña, que producen jaquecas. Allá, en las ardientes pendientes, la tierra está desnuda y el cuerpo humano se queda descolorido con el calor; el sol tórrido causa dolor de cabeza y náuseas, aun a los animales."

En su tratado *Historia natural y moral de las Indias*, publicado en Sevilla en 1590, el español padre José Acosta describe el "mal agudo de las montañas" y lo relaciona con el hecho de que a esa altitud "el elemento del aire, allí tan sutil y delicado, no se adapta en absoluto a la respiración humana, que lo necesita más espeso y templado."

¿Qué debe entenderse por altitud?

Como medio ambiente, la altitud está constituida por un conjunto de factores físicos, siendo los principales:

- la disminución de la presión barométrica y, por consiguiente, de las presiones parciales de los fluidos respiratorios;
- la gran amplitud de las variaciones de temperatura —diurna y nocturna— en una jornada;
- la insolación y un tránsito más frecuente de partículas pesadas de alta energía por la atmósfera.

En lo que respecta al hombre, el elemento más importante es, con mucho, la disminución de la presión barométrica, sobre todo tratándose como se trata de un problema inevitable, ya que la tecnología no está en condiciones de ofrecer ninguna

Puente colgante de estilo incaico sobre el río Apurímac en la cordillera oriental del Perú. El puente, hecho con hierbas trenzadas, se rehace todos los años.

Aclimatarse a la altitud



solución práctica y duradera para contrarrestarlo. Por ello suelen fijarse los límites fisiológicos de la altitud tomando como base los valores de la presión parcial de los fluidos respiratorios, y más concretamente del oxígeno, en la sangre arterial.

De esta definición de los fisiólogos resulta que la altitud "fisiológica" no es proporcional a la elevación terrestre, pues por una parte la presión atmosférica no guarda una relación lineal con la altitud física, ni tampoco el contenido de la sangre depende simplemente de la presión parcial del oxígeno en el aire. Cabe así distinguir tres niveles, según el valor de la presión parcial del oxígeno en la sangre:

— por encima de los 70 mm de la columna barométrica, los cambios de la presión par-

cial del oxígeno (es decir de la altitud) influyen poco en la cantidad de oxígeno asimilada por la sangre¹.

— entre los 70 y los 40 mm, la influencia de la disminución de la presión parcial de oxígeno resulta cada vez mayor;

— por debajo de los 40 mm, el contenido de oxígeno de la sangre disminuye de manera importante y más o menos constante en virtud de pequeños cambios de la presión parcial de oxígeno.

Corresponden al primer nivel las altitudes inferiores a los 3.000 metros; no se registran consecuencias notables en la función de transporte del oxígeno.

¹ La presión normal de la sangre arterial al nivel del mar es de 90 mm.

Los indios urus viven en aldeas flotantes en el lago Titicaca, uno de los lagos de montaña más grandes del mundo (8.340 km² a 3.812 m de altitud), situado en la frontera entre Perú y Bolivia. Arriba, indios urus en sus canoas de junco.

el yac, los ovinos, los caprinos y los caballos. El yac proporciona la leche y sus derivados —mantequilla y queso—, la carne, la piel y el pelo. Sirve también como animal de carga. Estos nómadas controlan, en lo esencial, la explotación y el transporte de la sal, así como el comercio resultante del trueque de este producto por granos procedentes de los valles inferiores.

Para alimentarse y sobrevivir el hombre de los Andes y del Asia central ha perfeccionado sistemas de producción con los que procura dominar la naturaleza, limitar los riesgos y sacar el máximo partido de los recursos disponibles (en el caso de los Andes, mediante un control vertical de un máximo de niveles ecológicos), tratando de obtener un conjunto de bienes que permita atender íntegramente a todas sus necesidades y que, al mismo tiempo, disperse los riesgos climáticos. Esta característica fundamental de las relaciones entre la sociedad y el medio ambiente en altitud no se limita a la agricultura y a la ganadería sino que vale también para el conjunto organizado de

todas las actividades vitales: la alimentación, la protección y la vivienda.

Habida cuenta de la enorme variabilidad cuantitativa de las reacciones individuales, puede admitirse la posibilidad de que la altitud haya ejercido una presión selectiva sobre las poblaciones que vivían permanentemente en esos lugares; a lo largo de las generaciones esa selección ha favorecido a los individuos genéticamente más aptos para desarrollar reacciones positivas y, aun más, para minimizar las que puedan resultar perjudiciales. □

GERARDO ANTESENA, MARIO PAZ-ZAMORA y ENRIQUE VARGAS, bolivianos, dirigen las investigaciones sobre fisiología y patología de altitud en el hombre de las regiones andinas en el Instituto Boliviano de Biología de Altura (IBBA) de la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. Esos estudios también se llevan a cabo en las estaciones de altura de Potosí (4.000 m) y Chorroque (4.800) y en las tierras bajas de Santa Cruz (400 m).

La mina "Siglo XX", situada en el altiplano boliviano (más de 4.000 m de altitud), constituye con algunas otras el centro minero más importante de Bolivia. La vida allí es sobremanera difícil. Como dice Sergio Almaraz Paz, "no hay color; la naturaleza se ha vestido de gris. Contaminando el vientre de la tierra, el mineral la ha transformado en desierto". Abajo, túnel de acceso a la mina.

Foto © Christine Leirdgens, Heusy, Bélgica





por Michel Siffre

En las cavernas sin tiempo

Foto © Michel Siffre, Niza

DESDE la época de Hipócrates, y es posible que con anterioridad, los fisiólogos han demostrado la importancia de los ritmos del entorno para el hombre como factor de condicionamiento, en particular la alternancia regular del día y de la noche en 24 horas.

Tanto entre los hombres como entre los animales o las plantas existen variaciones alternadas de un conjunto de funciones fisiológicas tales como la del sueño y la actividad, el almacenamiento de glicógeno en el hígado, la temperatura y el metabolismo, que se reproducen regularmente cada 24 horas.

Denominadas ritmos circadianos (del latín *circa* = cerca y *dies* = día), esas variaciones constituyen lo que se ha dado en llamar los "relojes biológicos del hombre", más o menos independientes o interdependientes los unos de los otros a lo largo del nictémero, es decir el lapso de 24 horas, que comprende una noche y un día.

Su importancia es muy grande, y su ruptura o simplemente su retraso, si es brutal y rápido, puede acarrear graves trastornos físicos o psíquicos. Nadie ignora que es absolutamente imposible privarse total-

mente de sueño durante varios días sin que se produzca una marcada alteración de los rendimientos. Después de un vuelo transmeridiano de algunas horas solamente, la temperatura rectal puede tardar hasta 15 días en adaptarse al nuevo horario local.

En la tierra se estima que los factores ambientales, en especial la alternancia del día y de la noche, son elementos sincronizadores, "Zeitgeber" (dadores de tiempo) que hacen coincidir en el tiempo los periodos de los ritmos circadianos del hombre con las 24 horas del tiempo local.

La adaptación del ser humano a un entorno aperiódico ha dado lugar, desde 1962, a importantes investigaciones que constituyen una de las esferas clave de la cronobiología, es decir el estudio de los ritmos biológicos o relojes biológicos.

El hombre que vive bajo tierra, bajo el agua o en el espacio se encuentra en las tres principales situaciones en que puede sus- traerse a la periodicidad terrestre de 24 horas o periodicidad nictemeral.

¿Qué ocurre entonces con los mecanismos de nuestros ritmos biológicos, o sea el conjunto de células nerviosas (su localización cerebral está en curso) que descifran

las señales periódicas del entorno, cuando nuestros relojes ya no estén sometidos a la presión temporal de los sincronizadores externos suprimidos por la arritmicidad del medio ambiente subterráneo, submarino o espacial?

Cabe preguntarse si el organismo humano privado del entorno ancestral a que lo ha sometido la evolución desde tiempos inmemoriales sigue presentando ritmos circadianos o si, en caso contrario, existen otros ritmos propios del organismo.

Ese es el sentido profundo de mis experiencias al margen del tiempo, efectuadas en cavernas durante periodos prolongados, que han permitido ampliar el conocimiento de las posibilidades de adaptación del hombre a entornos aperiódicos e intemporales, mostrando su extrema complejidad y sus variaciones de un individuo a otro, y que, en definitiva, han hecho posible una mejor comprensión y una elaboración más adecuada de modelos del sistema circadiano humano.

Sin sincronizadores y sin referencias temporales naturales (día-noche) o artificiales (relojes), los ritmos internos de cada individuo siguen apareciendo, pero ya no están

