

EL ESTRÉS Y LOS MECANISMOS MÚLTIPLES QUE LLEVAN DESDE SUS ESTÍMULOS HASTA SUS CONSECUENCIAS

■ Carlos Pedro Lantos

■ ORIGEN Y SIGNIFICADO DEL ESTRÉS

En estas décadas en las que el mundo se enfrenta con una dolencia cada vez más frecuente que compromete la salud física y psíquica de millones de personas, es ya casi común que las presiones laborales y las experiencias traumáticas concurrentes originen un estado que afecta el normal desarrollo y funcionamiento del organismo. En la actualidad tal estado se diagnostica bajo el nombre de **estrés** y si bien el término es controvertido en su uso cotidiano, los especialistas parecen haber llegado al acuerdo de asociarlo con respuestas a estímulos tanto sorpresivos como crónicos, sobre todo traumáticos aunque también neutros.

Mucho de este acuerdo se debe a Hans Selye (1907-1982) quien, siendo estudiante de medicina, notó

que pacientes con enfermedades muy diferentes mostraban en forma estereotipada algunos síntomas comunes, aleatorios e inespecíficos. En la década de 1940, recordada como una de las más dramáticas de la humanidad, esta observación lo llevó a describir los síntomas más representativos de lo que se denominó "Síndrome General de Adaptación". Unos años antes, Selye había definido este síndrome como "la suma de todas las respuestas *inespecíficas* del organismo a una exposición larga y continua al *estrés*". Según cuenta la historia, Selye de origen austro-húngaro, hizo referencia por primera vez a esta palabra en Canadá, su país de adopción, acuñándola a partir de *strain*, término utilizado en física para referirse a la fatiga de los materiales.

Las manifestaciones del estrés responden a una larga lista de estos síntomas, entre otros: disminu-

ción de las defensas, retención de líquidos, aumento de azúcares en sangre y problemas metabólicos consiguientes que desembocan en obesidad; además de alteraciones en el comportamiento como depresión, pérdida de memoria y falta de orientación. Estos síntomas fueron asociados ya por el mismo Selye con la función de una pequeña glándula de secreción interna sumamente importante para nuestra vida, la *glándula suprarrenal*, que debe este nombre a la localización sobre los riñones en el ser humano (Figura 1).

■ EL BALANCE INTERNO Y EL CONCEPTO DE HOMEOSTASIS

Se conoce como homeostasis a la aptitud de un organismo de mantenerse estable ante las variaciones de ambiente, compensando los cambios que se producen en su entorno mediante el intercambio re-

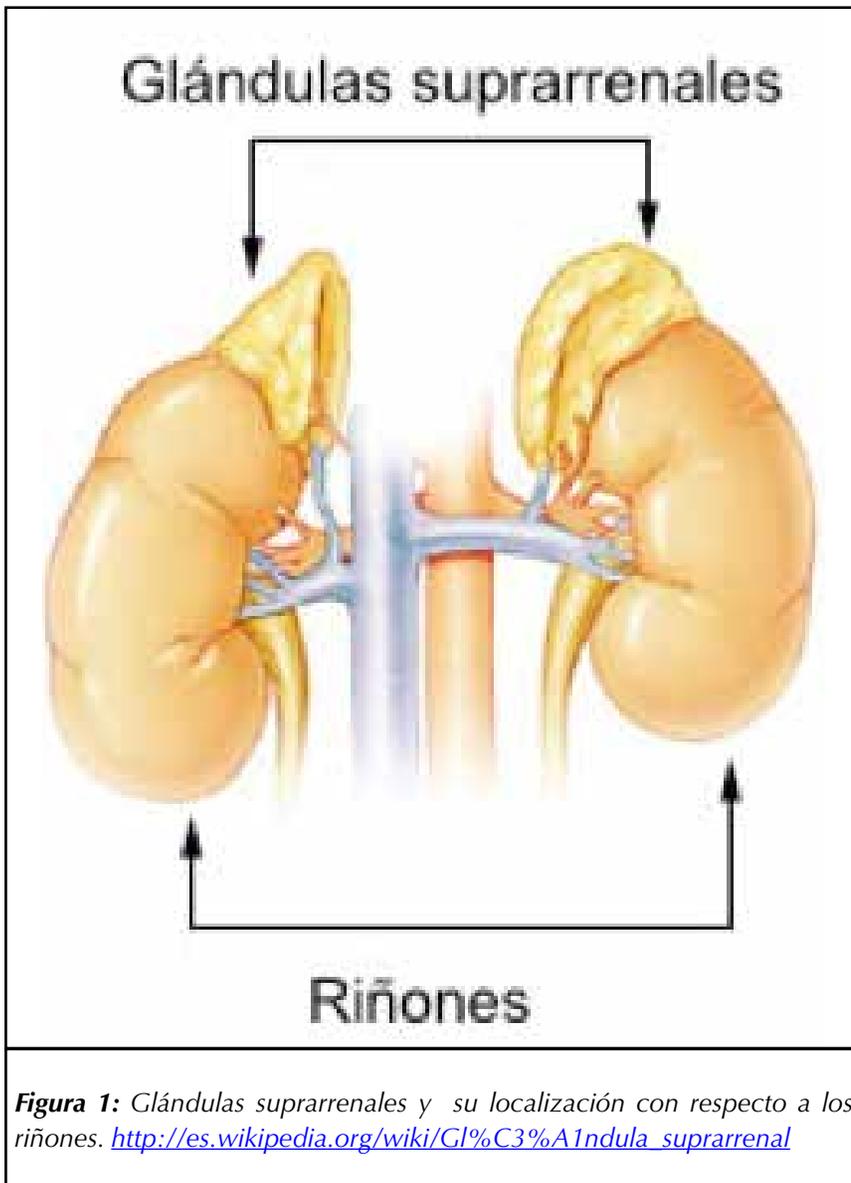


Figura 1: Glándulas suprarrenales y su localización con respecto a los riñones. http://es.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%A1ndula_suprarrenal

segregadas principalmente por glándulas endócrinas de mayor tamaño, (testículos y ovarios respectivamente), pero que están relacionadas con funciones reproductivas y de mantenimiento del embarazo.

En los mamíferos encontramos dos glándulas suprarrenales. Cada suprarrenal consta de dos tejidos concéntricos, uno externo o *corteza*, formado por tejido endócrino, secretor de esteroides, químicamente parecidos al colesterol (y que también se encuentra en su origen metabólico) y de otro central o *médula*, formado por tejido nervioso secretor de catecolaminas. (Figura 2)

■ LOS CORTICOIDES

La corteza suprarrenal (a la cual nos referimos anteriormente), está compuesta a su vez por tres zonas también concéntricas, productoras de un tipo de esteroides en particular: los corticoides. Son éstos los esteroides que juegan un papel en el mantenimiento de funciones vitales, regulando la inflamación y evitando su expresión infecciosa, el funcionamiento del sistema inmune, el metabolismo de los azúcares y los niveles y composición de sales en sangre.

gulado de materia y energía con el exterior. Un ejemplo es la capacidad de los animales de sangre caliente de mantener su temperatura corporal constante frente a las variaciones climáticas.

De acuerdo con aquellas ideas juveniles de Selye, ante un estímulo aleatorio un organismo puede reaccionar con una o dos respuestas alternativas; compensación homeostática o enfermedad de adaptación.

■ LAS GLÁNDULAS ENDÓCRINAS: CASO ESPECIAL DE LA SUPRARRENAL

La característica común de las glándulas de secreción interna o *glándulas endócrinas*, es la de secretar *hormonas*, sustancias volcadas a la circulación sanguínea que regulan funciones celulares en órganos o tejidos distantes. Algunas hormonas secretadas por la glándula suprarrenal -como los *corticoides*, de los que hablaremos más adelante- son esenciales para la vida. Por el contrario existen otras hormonas químicamente semejantes a éstos, los andrógenos y estrógenos, producidas y

Todos los esteroides tienen, como vimos, un origen químico común, la molécula del colesterol. En el caso de los corticoides existen dos familias, cuyas fórmulas moleculares son muy parecidas: los *mineralocorticoides*, como la aldosterona y los *glucocorticoides*, como el cortisol y la corticosterona.

Los glucocorticoides actúan en la mediación estímulo-respuesta homeostática general empleando una gran variedad y heterogeneidad de mecanismos aleatorios. Los mineralocorticoides lo hacen en forma ya un poco más limitada, mediando el balance de líquidos que regula

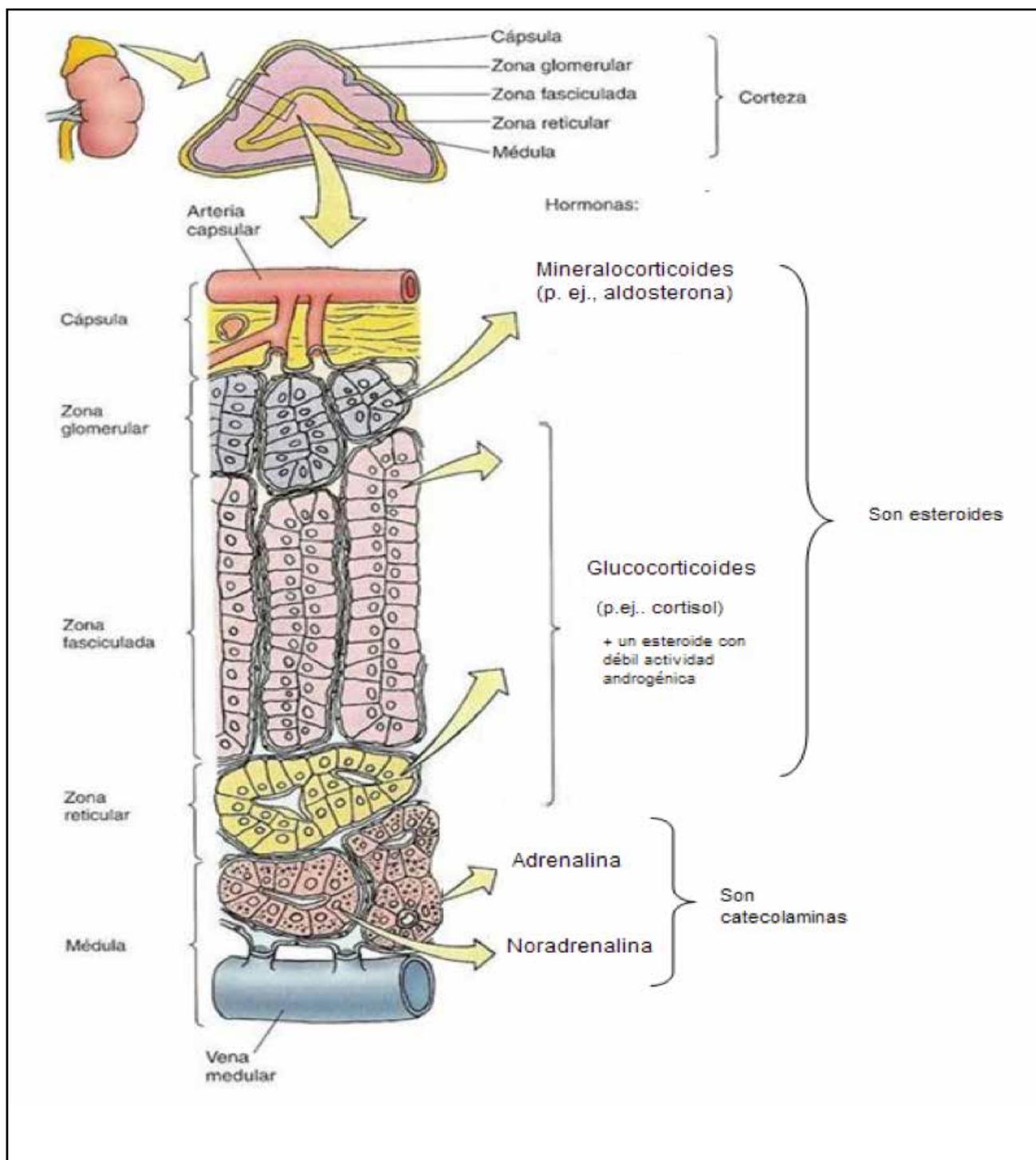


Figura 2. Esquema de la glándula suprarrenal (adrenal) en mamíferos, sus zonas histo-citológicas y secreciones. Adaptado de: Guadalupe E. Beltran Rosas http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=667

la correcta hidratación a través de la retención de sales antes mencionada y su eliminación por la orina. De las dos familias, los mineralocorticoides están involucrados en el mantenimiento de la tensión arterial adecuada más que en otras fun-

ciones homeostáticas. Pero en este campo, como en tantos otros vitales, toda afirmación es relativa, ninguna verdad es absoluta.

■ LA RESPUESTA DE LOS GLUCOCORTICOIDES AL ESTRÉS

El esquema clásico un poco reduccionista, de respuesta glucocorticoidea, empieza por una causa externa tal como dolor, sorpresa,

cansancio o una demanda de esfuerzo inmediato de todo el organismo. Este factor provoca una señal nerviosa, que conduce a la primera respuesta endócrina consistente con la formación de hormonas intermedias. Tal señal nerviosa se produce en el llamado sistema nervioso autónomo cuyo funcionamiento, no depende de nuestra voluntad. La parte de este sistema autónomo que más nos interesa se denomina sistema *simpático*, cuya contraparte -la porción parasimpática del sistema nervioso autónomo- es más lenta y reflexiva. Los efectos de ambos son compensatorios y entre ambos regulan el equilibrio homeostático. La homeostasis adquiere así una nueva definición más anátomo-fisiológica.

■ RESPUESTAS INVOLUNTARIAS

Heredamos la regulación autónoma de nuestros antepasados. Así, si repasamos nuestra filogenia podemos observar que en nuestros ancestros se seleccionaron ciertas funciones las cuales, en momentos precisos de su evolución, les permitieron sobrevivir como individuos y dejar en su descendencia rasgos que quedaron impresos a través de las generaciones. Las respuestas involuntarias al calor, frío, dolor, susto o sorpresa neutra, todos ellos estímulos estresantes, fueron rasgos que se seleccionaron en algún momento: por ello ahora vivimos bajo el funcionamiento automático de estas respuestas.

De esta forma, contraer involuntariamente las pupilas ante la incidencia repentina de un rayo luminoso o llorar de dolor o tristeza son ejemplos de compensaciones homeostáticas por el sistema nervioso autónomo que se mantienen ajenas a nuestra voluntad. La actitud de *lucha y huida* ("fight and flight") –tan estudiada por los zoólogos con respecto a las reacciones dispares

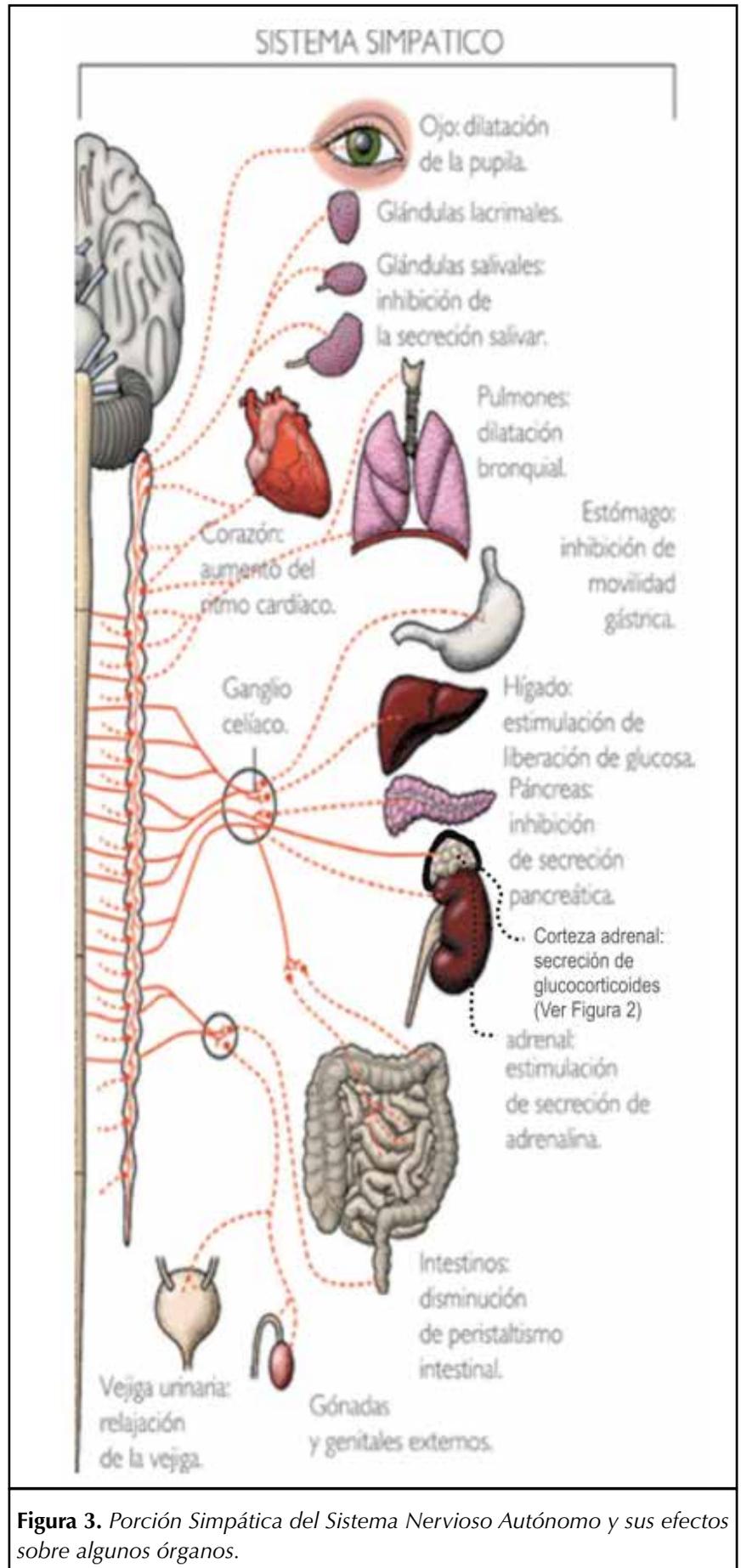


Figura 3. Porción Simpática del Sistema Nervioso Autónomo y sus efectos sobre algunos órganos.

de especies diferentes frente a un mismo peligro- pertenece indudablemente a esta línea. "Lucha y Huida" se denomina la reacción casi instantánea, innata y específica, que exhibe cada especie animal frente al ataque. El tigre ataca, mientras que el gorrión huye ante el esbozo de una agresión. Esto se reproduce sin experiencia previa. Esta observación fue descrita repetidamente y dio lugar a teorías en cuanto a orígenes y mecanismos.

La figura 3 muestra algunas de estas relaciones para lo que llamamos la porción simpática del sistema nervioso autónomo, sistema que, de acuerdo con estos razonamientos, puede redefinirse como aquél que mantiene al cuerpo en situación de alerta dictada por los instintos.

El sistema simpático está muy ligado a estructuras del cerebro que en conjunto se denominan "limbo".

El sistema límbico comprende el hipocampo, la amígdala cerebral y el hipotálamo (Figura 4). En los mamíferos se trata de estructuras por debajo de la corteza cerebral que funcionan como asientos de movimientos emocionales ya comentados en este artículo, tales como el dolor y la agresión. En el limbo del ser humano se sitúan los centros de la afectividad que le hacen expresar penas, angustias y alegrías intensas. El papel de la amígdala como centro de procesamiento de las emociones, por ejemplo, es hoy incuestionable: pacientes con amígdala lesionada tienen dificultad en reconocer si una persona está contenta o triste. Por otra parte, los monos a los que se extirpó la amígdala manifiestan un comportamiento social en extremo alterado. Pierden la sensibilidad para las complejas reglas del comportamiento en su manada y se perjudica su comportamiento maternal y relaciones afectivas.

■ EL MODELO LINEAL COMO UNO DE LOS MODELOS DE RESPUESTA AL ESTRÉS

El traspaso de la transmisión del mensaje de estimulación desde la vía nerviosa a la endocrina ocurre a nivel de hipotálamo: después de un estímulo nervioso desde estructuras límbicas, el hipotálamo secreta CRH que por vía sanguínea llega a las células productoras de ACTH del lóbulo anterior de la hipófisis. La ACTH formada, una vez volcada a la sangre, es transportada a la corteza suprarrenal donde estimula la formación y secreción de corticoides (Figura 5).

En cuanto a la co-regulación de los glucocorticoides, advertimos ya en la figura 5 una serie de arcos negativos que representan el enunciado de Selye acerca del mantenimiento de la homeostasis por ellos mismos (se autocontrolan). En realidad, ciertas concentraciones de hormonas glucocorticoideas regulan negativamente varios eslabones del eje, tratando de mantenerlo en equilibrio homeostático.

■ MULTIPLICIDAD DE MECANISMOS ENTRE ESTRÉS Y SUS CONSECUENCIAS

Tal esquema lineal, sin embargo, no permitiría comprender la complejidad al principio expresada, originada por la gran cantidad de factores mediadores en cada paso del diagrama presentado, ni tampoco permitiría estudiar su interacción tanto al nivel anatómico como fisiológico y molecular.

Si consideramos los eventos biológicos en sí, nos damos cuenta por consiguiente que la unión entre estímulo estresante y respuesta, su origen y su final no es una recta solitaria; a sus costados aparecen varias líneas alternativas y todas ellas sólo

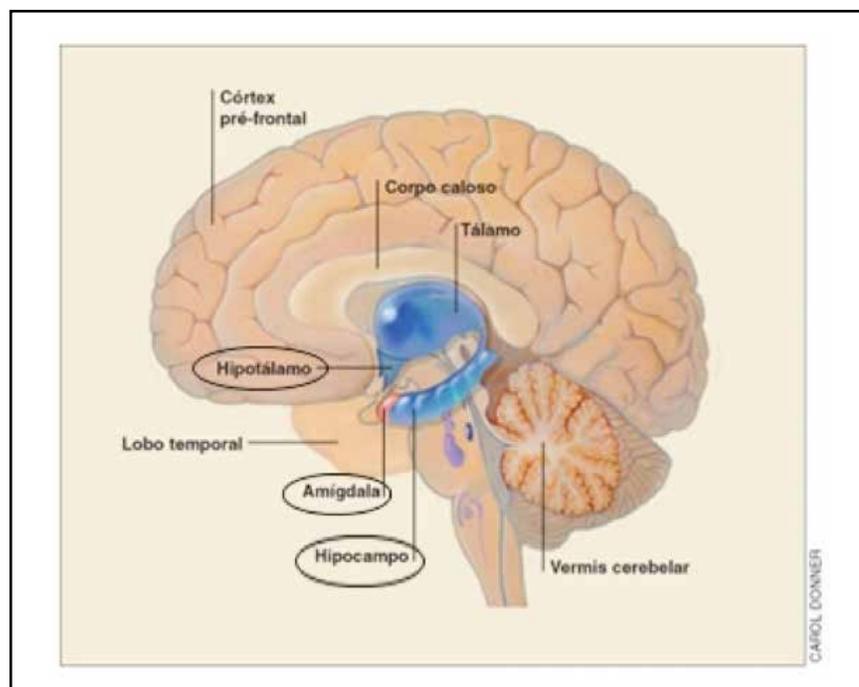


Figura 4: Estructuras del cerebro que conforman el sistema límbico (marcadas por los círculos negros). Ver texto, sobre todo lo referente a la duda que se tiene en este sentido con respecto al hipotálamo. Adaptado de Juan Cruz González http://diotocio.blogspot.com.ar/2011_12_01_archive.html

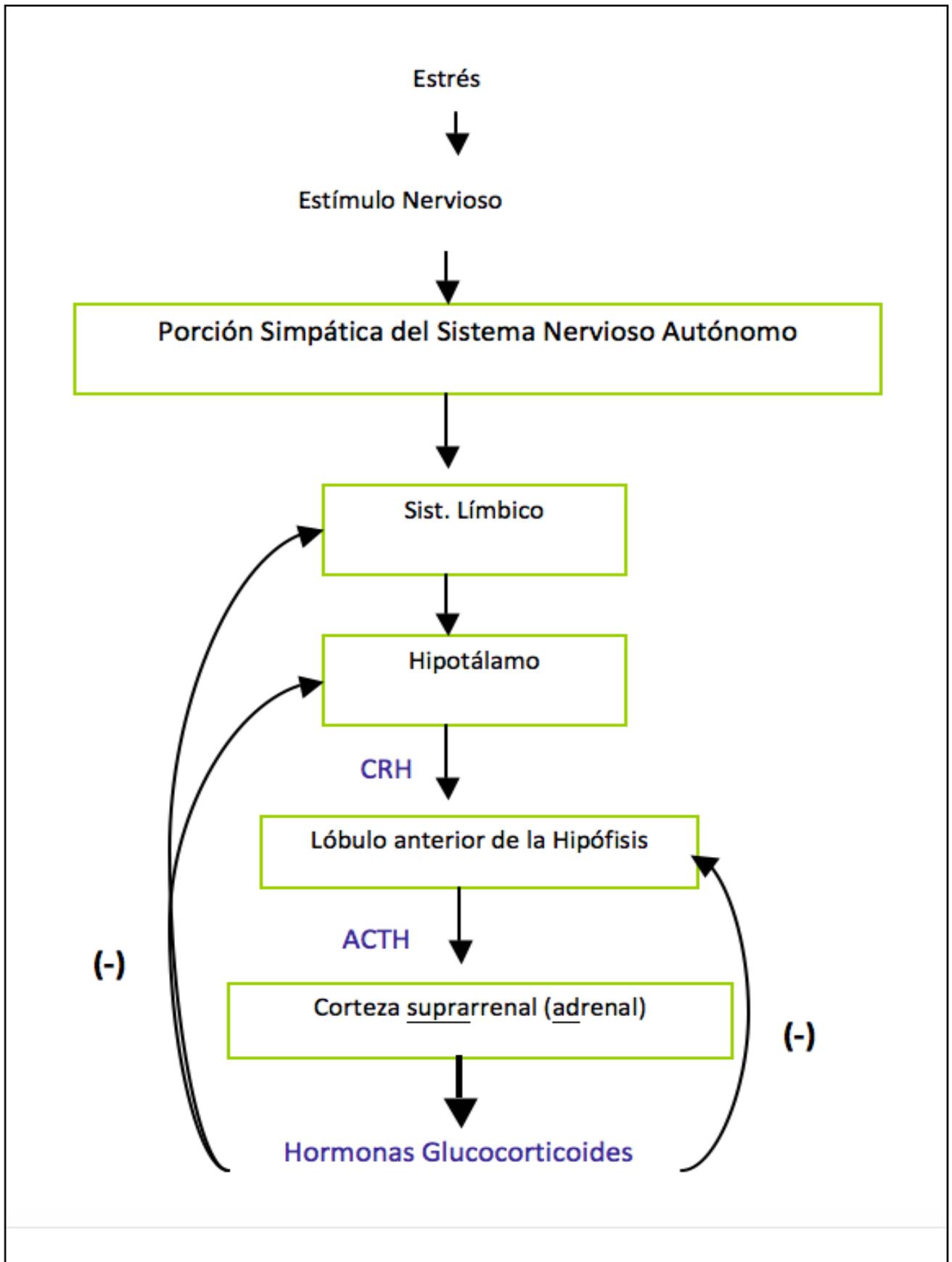


Figura 5. Esquema simplificado de una de las vías parciales de respuesta al eje del estrés

coinciden en el complejo origen aleatorio del estímulo estresante así como en la dualidad de su respuesta definitiva.

La mejor representación geométrica para esta situación compleja es tridimensional: sólo en ella los numerosísimos mecanismos mediadores pueden situarse equidistantes y ser unidos en algunos casos por factores comunes. Lo que resulta de esta representación es un globo con dos polos y múltiples meridianos (figura 6). Éstos representan los diversos mecanismos que, desde un estímulo estresante, llevan a la posibilidad de dos respuestas: adaptativa homeostática o enfermedad de adaptación.

En cada nivel de los meridianos pueden existir interconexiones fisiológicas simbolizadas por líneas paralelas. La figura 7 demuestra con un ejemplo la realidad biológica: cómo los estímulos aleatorios generan los mismos síntomas por vías distintas.

Es así como la parte inferior de la figura 7 señala una doble vía tomada por los glucocorticoides para cumplir con su rol:

1. Las vías descendentes (meridianos) actúan para cumplir su cometido en el organismo: ofrecerle azúcares sencillos para quemarlos valiéndose del oxígeno de la respiración. Todo termina ahí en dióxido de carbono, agua y, lo que realmente importa, energía.
2. En la segunda vía que, a través de una paralela se conecta con la adrenalina, los glucocorticoides activan la formación de esta neurohormona cuya repentina descarga en situaciones de estrés ya ha invadido hace tiempo nuestra imaginación y el lenguaje lego con el grito de: "¡pura adrenalina!

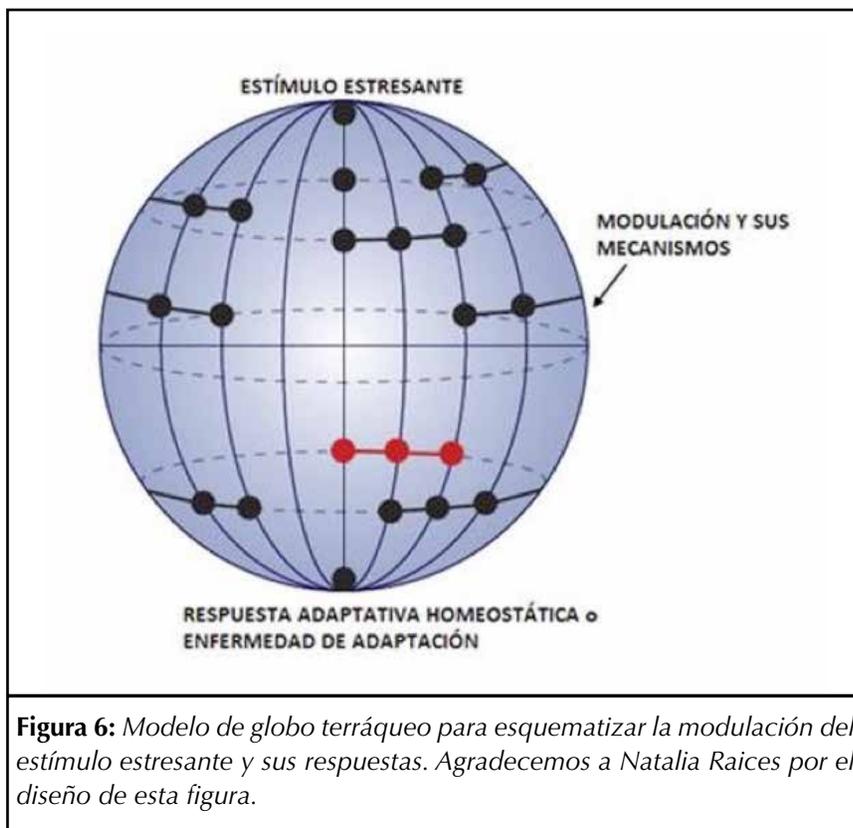


Figura 6: Modelo de globo terráqueo para esquematizar la modulación del estímulo estresante y sus respuestas. Agradecemos a Natalia Raices por el diseño de esta figura.

na!". El papel de los glucocorticoides en esta paralela colateral, es activar a la enzima PNMT (Phenylethanolamine N-methyltransferase). Esta activación significa aumentar la velocidad de dos reacciones químicas opuestas hasta llegar a su equilibrio requerido por la fisiología.

■ LÍNEAS FINALES

Después de complejas disquisiciones, quizás lo que más se acerca a la realidad biológica cuando uno describe el estrés, es una observación un tanto pesimista que hemos oído decir al Dr. Bernardo Houssay tras una medulosa conferencia de un invitado extranjero sobre un tema endocrino: "no es tan sencillo". No lo es la disrupción de la homeostasis, como tampoco lo es la lucha contra ella, ni los mecanismos intervinientes, ni la descripción de cualquier otra manifestación vital, menos todavía la vida misma.

Este trabajo trata de ser un resumen de aspectos fisiológicos del estrés, del estrés traumático y no-traumático, de etapas secuenciales en su producción y sobre todo de lo complejo y plural de los factores convergentes que llevan desde sus orígenes aleatorios hacia su respuesta dual en el organismo. No es fácil generar un modelo con tantos propósitos. Quizás, lo que se haya conseguido es abrir un camino.

■ LECTURA SUGERIDA

Selye H. (1946) The General Adaptation Syndrome and the Disease of Adaptation. *The Journal of Clinical Endocrinology*. 6; 117-196.

De Kloet ER, Karst H, Joels M. (2008). Corticosteroid hormones in the central stress response: Quick-and-slow. *Science Direct* 268-727

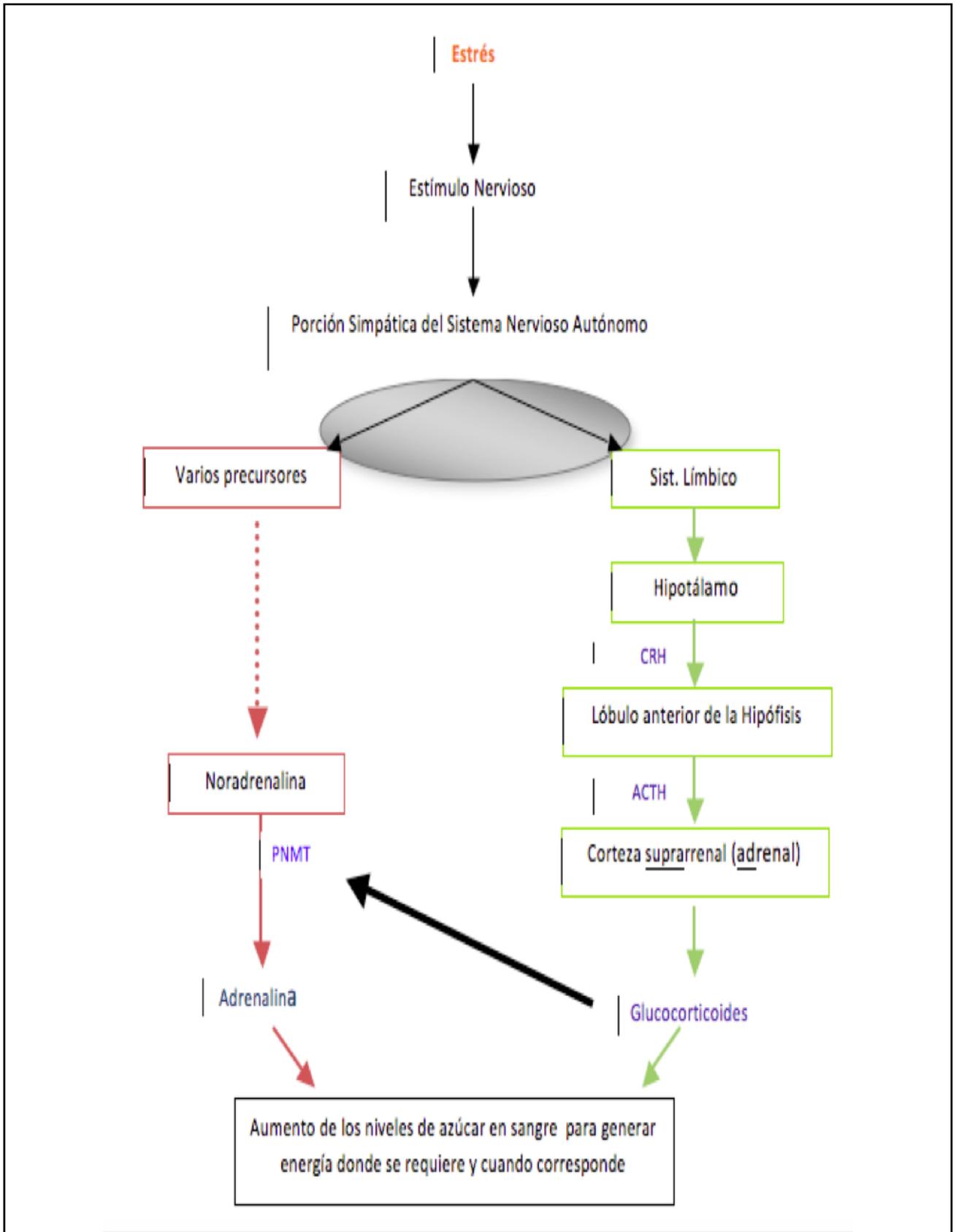


Figura 7: Ejemplos de dos de los meridianos que forman parte del esquema del globo que representa los mecanismos de respuesta a estímulos estresantes. Ambas vías tienen como principal efecto el aumento de azúcares en sangre.

Recuperación de tecnologías ancestrales y sustentables en Jujuy

La vicuña como modelo de producción sustentable

Ciencia e historia se unen para preservar a la vicuña

*Cazando vicuñas anduve en los cerros
Heridas de bala se escaparon dos.*

*- No caces vicuñas con armas de fuego;
Coquena se enoja, - me dijo un pastor.*

*- ¿Por qué no pillarlas a la usanza vieja,
cercando la hoyada con hilo punzó ?*

*- ¿Para qué matarlas, si sólo codicias
para tus vestidos el fino vellón ?*

Juan Carlos Dávalos, Coquena

Lo primero es pedir permiso a la Pachamama. Porque a ella, en la cosmovisión andina, pertenecen las vicuñas que se extienden por el altiplano de Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Una ceremonia ancestral, unida a la ciencia moderna, permite que comunidades y científicos argentinos exploten de manera sustentable un recurso de alto valor económico y social.

La vicuña es una especie silvestre de camélido sudamericano que habita en la puna. Hasta 1950-1960 estuvo en serio riesgo de extinción debido a la ausencia de planes de manejo y conservación. Desde la llegada de los españoles se comenzó con la caza y exportación de los cueros para la obtención de la fibra, que puede llegar a valer U\$600 por kilo, lo que llevo a la casi desaparición de estos animales. Por ese entonces, la población de vicuñas en América era cercana a los 4 millones de ejemplares, en 1950 no eran más de 10.000.

A fines de la década del 70 Argentina, Bolivia, Chile, Perú y Ecuador firmaron un Convenio para la conservación y manejo de la vicuña que permitió recuperar su población hasta contar en la actualidad con más de 76 mil ejemplares en nuestro país.

En Santa Catalina, Jujuy, a 3.800 metros sobre el nivel del mar, investigadores de CONICET, junto a comunidades y productores locales, han logrado recuperar una tecnología prehispánica sustentable para la obtención de la fibra de vicuña. Se trata de una ceremonia ancestral y captura mediante la cual se arrean y esquilan las vicuñas silvestres para obtener su fibra. Se denomina chaku y se realizaba en la región antes de la llegada de los conquistadores españoles. Según Bibiana Vilá, investigadora independiente de CONICET y directora del grupo Vicuñas, Camélidos y Ambiente (VICAM) *"Hoy podemos pensar en volver a hacer ese chaku prehispánico sumado a técnicas que los científicos aportamos para que las vicuñas pasen por toda esa situación sufriendo el menor stress posible. Las vicuñas vuelven a la naturaleza, la fibra queda en la comunidad, y nosotros tomamos un montón de datos científicos."*

El chaku

El chaku es una práctica ritual y productiva para la esquila de las vicuñas. Durante el imperio inca, las cacerías reales o chaku eran planificadas por el inca en persona. En esta ceremonia se esquilaba a las vicuñas y se las liberaba nuevamente a la vida silvestre. La fibra obtenida era utilizada para la confección de prendas de la elite y su obtención estaba regulada por mecanismos políticos, sociales, religiosos y culturales. Se trata de un claro ejemplo de uso sustentable de un recurso natural. Hugo Jacobaccio, zoológico e investigador principal de CONICET, explica que *"actualmente el chaku concentra hasta 80 personas, pero durante el imperio inca participaban de a miles. Hoy las comunidades venden esa fibra a acopiadores textiles y obtienen un ingreso que complementa su actividad económica principal, el pastoreo de llamas y ovejas"*.

El proceso comienza con la reunión de todos los participantes, luego toman una soga con cintas de colores reunidos en semicírculo y arrean lentamente a las vicuñas guiándolas hacia un embudo de red de 1 km de largo que desemboca en un corral. Cuando los animales están calmados se los esquila manipulándolos con sumo cuidado para reducir el stress y se los libera. Hoy, 1500 años después del primer registro que se tiene de esta ceremonia, la ciencia argentina suma como valor agregado: el bienestar animal y la investigación científica. En tiempo del imperio Inca, el chaku se realizaba cada cuatro años, actualmente se realiza anualmente sin esquila a los mismos animales *"se van rotando las zonas de captura para que los animales renueven la fibra"* explica Jacobaccio. Según Vilá *"es un proyecto que requiere mucho trabajo pero que demuestra que la sustentabilidad es posible, tenemos un animal vivo al cual esquilamos y al cual devolvemos vivo a la naturaleza. Tiene una cuestión asociada que es la sustentabilidad social ya que la fibra queda en la comunidad para el desarrollo económico de los pobladores locales."*

Yanina Arzamendia, bióloga, investigadora asistente de CONICET y miembro del equipo de VICAM, explica que se

esquilan sólo ejemplares adultos, se las revisa, se toman datos científicos y se las devuelve a su hábitat natural. Además destaca la importancia de que el chaku se realice como una actividad comunitaria *“en este caso fue impulsada por una cooperativa de productores locales que tenían vicuñas en sus campos y querían comercializar la fibra. Además participaron miembros del pueblo originario, estudiantes universitarios y científicos de distintas disciplinas. Lo ideal es que estas experiencias con orientación productiva tengan una base científica.”*

Paradojas del éxito.

La recuperación de la población de vicuñas produjo cierto malestar entre productores ganaderos de la zona. Muchos empezaron a percibir a la vicuña como competencia para su ganado en un lugar donde las pasturas no son tan abundantes. En este aspecto el trabajo de los investigadores de CONICET fue fundamental, según Arzamendia *“el chaku trae un cambio de percepción que es ventajoso para las personas y para la conservación de la especie. Generalmente el productor ve a las vicuñas como otro herbívoro que compite con su ganado por el alimento y esto causa prejuicios. Hoy comienzan a ver que es un recurso valioso y ya evalúan tener más vicuñas que ovejas y llamas. Nuestro objetivo es desterrar esos mitos”,* concluye.

Pedro Navarro es el director de la Cooperativa Agroganadera de Santa Catalina y reconoce los temores que les produjo la recuperación de la especie: *“Hace 20 años nosotros teníamos diez, veinte vicuñas y era una fiesta verlas porque habían prácticamente desaparecido. En los últimos años se empezó a notar un incremento y más próximamente en el último tiempo ya ese incremento nos empezó a asustar porque en estas fincas tenemos ovejas y tenemos llamas”.* Navarro identifica la resolución de estos problemas con el trabajo del grupo VICAM: *“Yo creo que como me ha tocado a mí tener que ceder en parte y aprender de la vicuña y de VICAM, se puede contagiar al resto de la gente y que deje de ser el bicho malo que nos perjudica y poder ser una fuente más productiva.”*

La fibra de camélido

Además de camélidos silvestres como la vicuña o el guanaco, existen otros domesticados como la llama cuyo manejo es similar al ganado, para impulsar la producción de estos animales y su fibra, el Estado ha desarrollado dos instrumentos de fomento. En la actualidad se encuentran en evaluación varios proyectos para generar mejoras en el sector productor de fibra fina de camélidos que serán financiados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Se trata de dos Fondos de Innovación Tecnológica Sectorial destinados a la agroindustria y al desarrollo social que otorgarán hasta \$35.000.000 y \$8.000.000 respectivamente. Los proyectos destinados a la Agroindustria son asociaciones entre empresas y organismos del sector público con el objetivo de mejorar la calidad de la fibra de camélido doméstico a partir del desarrollo de técnicas reproductivas, mejoramiento genético e innovaciones en el manejo de rebaños; incorporar valor a las fibras a partir de mejoras en la materia prima o el producto final; permitir la trazabilidad de los productos para lograr su ingreso en los mercados internacionales y fortalecer la cadena de proveedores y generar empleos calificados.

La convocatoria Desarrollo Social tiene como fin atender problemas sociales mediante la incorporación de innovación en acciones productivas, en organización social, en el desarrollo de tecnologías para mejorar la calidad de vida de manera sostenible y fomentar la inclusión social de todos los sectores. Otorgará hasta \$8.000.000 por proyecto que mejore las actividades del ciclo productivo de los camélidos domésticos, la obtención y/o el procesamiento de la fibra, el acopio, el diseño y el tejido, el fieltro y la confección de productos.

