

SOL

Y

REPTILES

"Toda la humanidad, el ganado, todo lo que vuela y se agita con todas las clases de reptiles que habitan la tierra, todos viven cuando te ven.

Déjame permanecer aquí, oh sol! hasta que el cisne se vuelva negro y el cuervo se vuelva blanco, hasta que el mar camine sobre dos pies y los montes se levanten para encontrarse con las corrientes. Oh Atón! consérvame como tu servidor hasta que me prepare un entierro de acuerdo a tu propia voluntad". Estas frases dichas hace 3.500 años por Akenaton, preñadas de profunda unción por su dios solar Atón, no sólo representaban una oración sagrada, sino también el depósito de insondables enseñanzas y verdades que el acontecer científico ha comprobado sucesivamente.

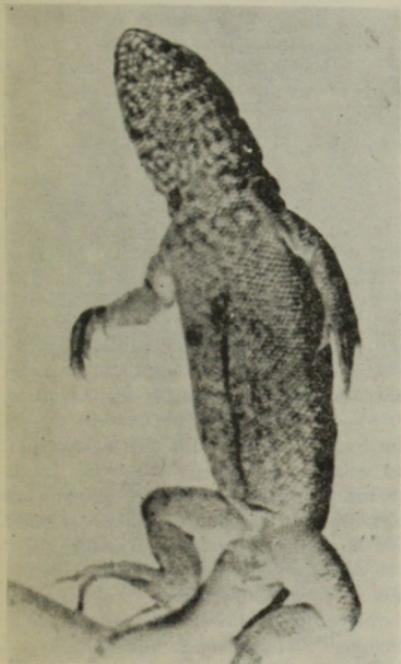
No existe duda alguna sobre el significado trascendente del sol en el desarrollo de la vida en la tierra. Sabemos que diariamente nos entrega 127 billones de caballos expresados en energía luminosa y térmica, los que contribuyen a estimular los procesos metabólicos de las plantas que se expresan fundamentalmente en la fotosíntesis, permitiendo con ello el desenvolvimiento de la vida animal, que se enlazan en una cadena sin fin de ciclos diversos.

Sol y vida se confunden profundamente, planteando al biólogo o al naturalista tal vastedad de interrogantes, que la vida de muchas generaciones resultaría insuficiente para contestarlas, aun en términos ligeramente aproximados. Pero tampoco es menos cierto que algunos aspectos de la relación sol vida están sujetos a una interpretación válida.

El presente ensayo tiene por objeto dar una visión muy general en torno al significado del sol para la vida de los reptiles, grupo de animales que depende

por el Dr. ROBERTO DONOSO-BARROS

ADAPTACIONES PIGMENTARIAS
 VENTRALES PARA LA ABSORCION
 SUPLEMENTARIA DEL CALOR
 DEL MEDIO AMBIENTE. EN
 LIOLAEMUS FITZINGERI
 (DUMERIL Y BIBRON)



1

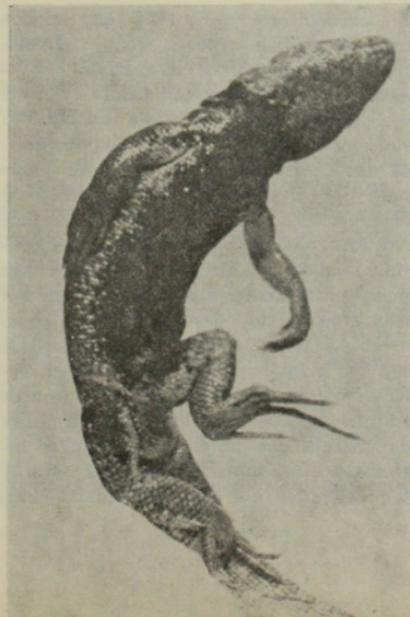
Animal joven con ligera impresión melánica a los
 lados del cuello

Animal avanzado con manchas negras gulares que
 confluyen hacia la línea media con tendencia a fu-
 sionarse

Animal adulto con acentuada pigmentación gular, pec-
 toral y ventral, que contribuyen a la formación de
 un órgano ventral de absorción térmica del suelo
 recalentado



2 y 3



para su actividad en forma altamente significante del grado de temperatura y luminosidad del medio ambiente. Al extremo que parece casi un axioma del sentido común, que sol significa actividad de lagartos y lagartijas, en cambio frío y oscuridad, su ausencia de la escena viviente.

Los reptiles representan una línea de animales terrestres que en el remoto pasado derivó de uno de los troncos de este complejo conglomerado de los anfibios. Reptiles en el sentido inconfundible del término se encuentran a fines del paleozoico. Epoca esta en la historia de la vida que se caracterizó por la explosión violenta de numerosas formas, que aproximadamente en la mitad de su extensión completaron todos los filum que en la actualidad reconocemos. Es a fines del carbonífero en que aparecen los ancestros de nuestros lagartos y culebras, constituyendo los primeros vertebrados terrestres.

El carbonífero representó una época tropical. Su temperatura media fue relativamente elevada y compatible con el desarrollo de un metabolismo exigente y complejo como en los vertebrados superiores. Para animales ectotérmicos, es decir, que dependen del calor aportado por el medio ambiente como son los reptiles, un medio de temperatura elevada como el de los trópicos es considerablemente satisfactorio. Aún en nuestras latitudes australes la lagartija más familiar de nuestros jardines, como es el *Liolaemus tenuis*, asoma su cabeza con los primeros rayos solares, para calentarse luego sobre las tapias y troncos adquiriendo de esta manera una carga de energía que le permite capturar insectos y otras minúsculas presas durante todo el curso del día. Pero cuando em-

pieza el ocaso y el sol marcha hacia su puesta, su actividad decaea, una profunda modorra la invade progresivamente, la presión de su sangre se hace menor, el ritmo de su corazón más lento, sus movimientos inspiratorios disminuyen en número e intensidad, para alcanzar su letargo nocturno, del que sólo será sacado por una nueva llamada solar. La vida de cada lagarto está uncida al paso de la barca de Amón, como decían los antiguos egipcios. Cuando ella se ha perdido en la noche empezó un estado hipovital.

El sol para los reptiles es la llama que enciende la caldera de su actividad metabólica. Si tomamos a los reptiles en un modelo tan simple como los cacharros de nuestra cocina, encontramos una serie de analogías muy singulares, con respecto a la velocidad con que se logra el calentamiento. Así como en la vida cotidiana una cocinera utiliza un artefacto de superficie para freír un par de huevos, o una olla hermética para un volumen grande de alimentos, los lagartos pequeños constituyen grandes superficies que rápidamente son caldeadas por el sol alcanzando velozmente su nivel de actividad, en cambio los voluminosos, cuyas superficies son reducidas, requieren para ello el desarrollo de adaptaciones y regulaciones que no sólo trabajen absorbiendo el calor, sino que incluso les permitan conservarlo un tiempo relativamente prolongado.

Los animales de sangre caliente son en este aspecto mucho más libres que los reptiles, ya que no necesitan de un sol tan intenso para estar ágiles. En el curso de la evolución filogenética realizaron una hazaña grandiosa. Capturaron el sol en su sangre pudiendo vivir en un mediodía perenne. Pero esta victoria



Cynognathus, reptil-mamífero del Pérmico. Su organización muestra la síntesis de rasgos de mamífero simultáneamente con los de reptiles, lo que probablemente hace de estos animales los precursores de los mamíferos

de los homotermos, no es la consecuencia de un golpe de suerte. En este aspecto particular no parece que pueda decirse "natura facit saltus", sino más bien que es la consecuencia de una prolongada odisea de complejos ensayos.

Es la historia de esta larga aventura la que permitió que hoy existan mamíferos y aves. Es decir, seres liberados de la esclavitud soñolienta de la noche, que pueden vivir su propio mediodía, y crear cuando el sol está ausente de nuestro cielo y aquí tocamos la historia del Homo sapiens.

Los primeros capítulos de la conquista del sol por los vertebrados están en el pérmico. En este período al final del primario los reptiles se desarrollaron en

grupos bien diferenciados. Existieron formas pequeñas, que de por sí constituyen grandes superficies, como otros de tamaño y volumen considerables.

Desde el punto de vista climatológico, el pérmico tuvo caracteres templados o fríos, condiciones estas que crean serios conflictos en la mantención de un ritmo vital adecuado para los reptiles voluminosos. El pérmico duró diez millones de años, su flora se caracterizó por el predominio de *Glossopteris* que reemplazaron a los bosques de hulla del carbonífero. El clima fue modificado esencialmente por la influencia de una glaciación, lo que contribuyó a las bajas temperaturas de este período.

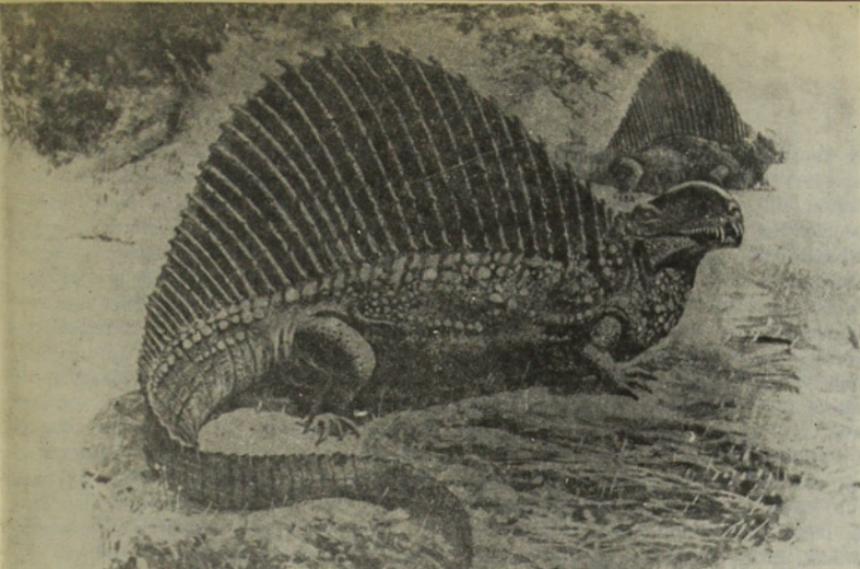
Se destacan los teromorfos, un grupo de

reptiles bastante voluminosos, que obviamente disponían de escasa superficie. Estos animales surgieron en temperaturas relativamente bajas del permiano y representan un grupo emergente de la raíz básica de los reptiles, la que con gran probabilidad originó los protomamíferos. Entre los precursores de los mamíferos existe un grupo de reptiles-mamíferos, los miembros del género *Cynognathus* (de *Cyno* = perro y *Gnathus* = mandíbula) que con cierta probabilidad han podido autorregular su temperatura como los homotermos. Al lado de éstos, otros mantuvieron caracteres reptilianos más acentuados y que en el viejo sentido de Empedokles constituyen una frustración hacia una organización más elevada. El grupo de los Esfenacodontes que aparece a fines del Carbonífero muestra un desarrollo considerablemente elongado de las apófisis de la columna vertebral, apareciendo una cresta dorsal bastante manifiesta. Dos formas emparentadas a este grupo y que evolucionaron convergentemente, los *Dimetrodon* y los *Edafosaurus*, desarrollaron aún más esta adaptación, convirtiéndola en una elevada vela dorsal, por el establecimiento de una lámina cutánea dispuesta entre las neurapofisis. El análisis osteológico de este órgano singular ha mostrado la impresión de grandes vasos, especialmente desarrollados en la base de esta armazón ósea, los que dicotomizándose sucesivamente hicieron de la vela una superficie extraordinariamente irrigada. El significado de este dispositivo fue el de un absorbedor de calor. La sangre expuesta en esta amplia superficie se calentaba con mucha rapidez, pasando rápidamente al cuerpo. La vasodilatación provocada por el aumento de la temperatura aceleraba aún más el al-

cance de un nivel térmico adecuado y el establecimiento de reflejos vaso-constrictores a nivel de las arteriolas mantuvieron una cantidad de sangre cuyo calor irradiaba poco debido a la escasa superficie del animal, facilitando de esta manera su actividad un tiempo más prolongado que los reptiles que se calientan por exposición simple.

Los *Dimetrodon* eran carnívoros de mucha actividad. Los *Edafosaurus*, herbívoros. Los primeros hacían presa en los segundos, pero tanto víctimas como victimarios desarrollaron paralelamente igual adaptación. Para las especies tiene igual significado vital buscar alimentos como escapar de los peligros; de allí que ambas comunidades vivieron prolongado período del pérmico.

La vela absorbidora de calor fue utilísima para alcanzar un nivel térmico durante el permiano; pese a la existencia de un período glacial, este dispositivo era capaz de ayudar a suplementar la temperatura en forma eficaz, y lo hizo casi durante diez millones de años. Este grupo se extinguió en el triásico, en la iniciación del mesozoico, época que se caracteriza por elevadas temperaturas. Entre las razones que pueden invocarse para la extinción de este grupo tan significativo, aparece la vela dorsal, que en aquella época se convirtió en un factor de disturbio para un clima caluroso. Tal órgano es útil para captar calor, pero esta eficacia resulta fatal cuando no se acompaña de habilidad suficiente para desprenderse del exceso de calor acumulado. Esto último es de gran importancia para los animales. Los excesos de temperatura no son casi nunca tolerados por los organismos cuando empiezan a sobrepasar 5 grados por encima de la temperatura normal. Este proble-



Dimetrodon, reptil carnívoro del Pérmico, cuya ve'a dorsal representa un mecanismo de absorción del calor

ma surgió con el tropical secundario; existía gran habilidad para tomar el calor y considerable dificultad para irradiarlo, por la limitación de la superficie sacrificada en aras del volumen, lo que contribuyó poderosamente a la extinción de los teromorfos.

Se ha caracterizado al secundario como la era de los reptiles, y efectivamente este jalón en la historia de la vida se caracteriza por la diversificación considerable de este grupo. Su temperatura elevada permitió el desarrollo de formas gigantescas que ocuparon los nichos ecológicos más diversos en una forma asombrosamente semejante a como lo hacen hoy las aves y los mamíferos. La existencia de un clima tropical parece ser "conditio sine qua non" para el desarrollo de grandes reptiles. En nuestro tiempo contemporáneo no es extraño que los dragones de Komodo (*varanus*), cocodrilos y grandes serpientes sean

hijos predilectos de las regiones cálidas del globo. En el jurásico, que tuvo carácter muy caluroso, alcanzaron su apogeo los dinosaurios de los pantanos como los grandes sauropodos. Se ha discutido mucho si algunos de estos grandes reptiles fueron capaces de autorregular su temperatura, sin embargo ello no parece muy probable, ya que se extinguieron cuando se iniciaron, a fines del secundario, las oscilaciones de temperatura, persistiendo solamente formas pequeñas y las *protoaves* (*Odontornites*) como los *protomamíferos*.

Los reptiles modernos, al igual que los del pasado, necesitan también una temperatura adecuada para desarrollar sus funciones, las que básicamente se refieren a la conservación tanto del individuo como de la especie.

Para la mantención del individuo a un ritmo metabólico adecuado, es indispensable un nivel térmico. En el caso de

los reptiles que son ectotérmicos, este depende fundamentalmente de la irradiación solar, que constituye el motor esencial de su actividad general. En la utilización de esta fuente han campeado complicados mecanismos, y que, en nuestro país, que ofrece diversidad de climas, pueden seguirse desde el extremo norte caluroso hasta las heladas estepas patagónicas, representando en conjunto una valiosa serie de adaptaciones ecológicas, cuyo significado es comprensible con alta probabilidad.

Los mecanismos generales de adaptación a las bajas temperaturas se observan en los lagartos altoandinos y en los patagónicos. En general, se integran factores que a primera vista parecen dispersos como la conducta, la sensibilidad general, las secreciones endocrinas y la pigmentación.

En los lagartos de regiones frías como las indicadas, los fenómenos conductuales los orientan a buscar los sitios más soleados y tibios, por ejemplo el *Liolaemus multiformis* según las indicaciones de Pearson, busca expofeso las manchas solares sobre aquellas regiones de las plantas desposeídas de hojas, disponiendo de tal modo su cabeza y espalda en una posición que le permite una irradiación rápida y eficaz. El calentamiento efectuado de esta manera permite un rápido incremento de la temperatura y con ello del metabolismo general. Es así que a veces se observan animales con temperatura cloacal de 35°, en circunstancias que la ambiental es de 11°. Facilita también una rápida absorción de calor la pigmentación negruzca del dorso, la que en gran parte se constituye debido al efecto frío de la noche andina, estímulo que provoca la liberación de ACTH, hormona que como demostrea-

mos por primera vez en 1952, tiene un marcado efecto melanoexpansor. En algunas lagartijas de nuestros jardines como *Liolaemus tenuis*, el color nocturno es profundamente negro, debido al mismo efecto. Durante el día es verde azulado, lo que se debe al efecto de la adrenalina liberada en el curso del día por la actividad metabólica.

El efecto del sistema endocrino sobre la pigmentación y por ende la absorción del calor seguiría las siguientes etapas funcionales: 1) el frío determina un reflejo general; 2) éste interviene en respuestas del sistema nervioso, que desde el hipolálomo determinan la liberación del ACTH de la hipófisis; 3) el ACTH hipofisiario actúa sobre los melanóforos provocando su expansión, con lo que se determina el color negro; 4) en el día siguiente el sol es absorbido rápidamente por los pigmentos melánicos; 5) el calor eleva el nivel metabólico produciéndose una elevación de la actividad; 6) la elevación de la actividad estimula el sistema suprarrenal medular liberándose adrenalina; 7) la adrenalina determina la retracción de los melanóforos y aparecen los cromatóforos ampliamente expandidos. De este modo se completa el ciclo cromatoendocrino de actividad.

A veces estos mecanismos resultan insuficientes para completar la absorción del calor, haciéndose necesario un mecanismo adicional de absorción calórica, lo que se logra mediante un aumento de la pigmentación melánica ventral. En el *Liolaemus fitzingeri* de las estepas patagónicas, se observa ya desde el nacimiento la aparición de dos manchitas negras a los lados de la región gular. A medida que esta lagartija progresa en edad, el melanismo aumenta progresivamente, comprometiendo el cuello, la región pectoral

y desplazándose hacia el vientre. El animal adulto alcanza una pigmentación ventral tan profunda que se presenta completamente negro. En lagartijas patagónicas más pequeñas, el ennegrecimiento abdominal es de menor cuantía, ya que la superficie dorsal parece suficiente para tomar el calor necesario del medio, pero en un animal relativamente voluminoso es necesario este absorbedor térmico ventral que interviene asimilando temperatura del suelo recalentado, alcanzando un potencial de actividad en un tiempo mucho menor que si tuviera que disponer exclusivamente del aporte luminoso adquirido por el dorso.

Los reptiles desérticos y de regiones muy calurosas deberían tener mecanismos distintos de aprovechamiento térmico. En nuestros desiertos del norte grande, encontramos mecanismos adaptativos completamente diferentes, en los cuales se advierte una tendencia a rechazar gran parte del aporte excesivamente caluroso del medio ambiente. Uno de los géneros más interesantes de estas áreas es *Tropidurus*, que muestra un vientre albo y aún evita el contacto con el suelo recalentado, corriendo en posición bípeda; su coloración dorsal es grisáceo clara. El vientre blanco es eficaz porque refleja los rayos impidiendo la absorción calórica, lo que evidentemente representa una ventaja adaptativa de gran significado ecológico. Los colores dorsales, si bien han evolucionado en un sentido aloestético, son de baja intensidad y los depósitos de melanina son relativamente escasos, lo que contribuye a la absorción exagerada de radiaciones luminosas.

Otro aspecto de la temperatura es el que dice relación con sus actividades de reproducción y endocrinas. En animales

superiores está demostrado que para la actividad gametogénica del testículo se necesita un óptimum térmico que por lo general debe ser inferior a la temperatura media del cuerpo. En los mamíferos, el testículo posee una temperatura más baja que la totalidad del cuerpo, lo que se logra mediante el dartos y el escroto, que actúan eliminando gran parte del calor, manteniendo un nivel térmico bajo en relación a la temperatura corporal. En las aves, según Cowles, esto se alcanza mediante los sacos aéreos. En los reptiles la actividad sexual es de carácter estacional. La actividad sexual se inicia a fines del invierno, el testículo y el ovario progresan en tamaño y en actividad reproductiva de sus elementos lo que conduce a una activa espermatogénesis y oogénesis, logrando en primavera el nivel adecuado para su reproducción. Cuando se inicia el verano, las gonadas tienden a regresar profundamente, encontrándose en algunos casos casi invisibles. La diferencias ponderales son considerablemente profundas, llegando a extremos de 100 veces en las diferencias de peso, entre testículos de verano y primavera.

La temperatura influye también considerablemente en la actividad de otras glándulas de secreción interna como la tiroides y la hipófisis. Bajo el efecto del frío, el tiroides tiende a reducir considerablemente su actividad, lo que puede apreciarse al estudio fino de sus estructuras histológicas. Controles realizados en torno al metabolismo, respiración y otros índices, demuestran que el enfriamiento tiende a disminuir la actividad de todas estas glándulas de secreción interna. Animales experimentalmente intoxicados por exceso de tiroglobulina muestran una acentuada baja de los sín-

tomas de impregnación tirotóxica, a pesar de que el metabolismo es más alto que en los normales.

La regulación de la temperatura en los animales de temperatura constante depende esencialmente de la actividad de centros distribuidos en la región hipotalámica, que en conjunto intervienen en una serie de regulaciones que se integran como la presión arterial, el ritmo cardíaco, la tasa de azúcar sanguíneo, la regulación de una serie de metabolitos y el ajuste de la temperatura general. En los reptiles se pensaba que no existían centros termorreguladores. Trabajos relativamente recientes efectuados en tortugas han probado que los centros hipotalámicos son sensibles a estímulos calóricos determinando en la periferia

respuestas reflejas como alzas de la presión arterial y aumento de los latidos cardíacos, lo que revela la existencia de un centro primitivo de regulación térmica que alcanza su más elevada expresión en los mamíferos y aves.

En síntesis, puede decirse que los problemas en torno a una temperatura que permita la actividad vital, es en los reptiles un problema tan importante como en los mamíferos, y que en ellos se encuentran en forma rudimentaria los mecanismos que alcanzan su desenvolvimiento mayor en los homotermos. Si estos últimos han logrado la victoria de vivir permanentemente bajo un sol alto, los reptiles están también en esta lucha y en cierto sentido lo han conseguido en las líneas que dieron origen a los mamíferos y las aves.