

CONSIDERACIONES BIOQUIMICAS Y FISIOLÓGICAS
ACERCA DE LA EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS

por el prof. Dr. ALBERT SCHATZ

De la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de Chile
y del National Agricultural College, Doylestown, Bucks County, Pennsylvania

Este trabajo se relaciona con la paleopatología. Específicamente, es un intento de hacer un examen y un diagnóstico post-mortem de la causa de la muerte de un grupo de reptiles gigantes que se extinguieron durante el período Cretáceo Medio, alrededor de 100 millones de años atrás. La escasez de evidencia aumenta la complejidad característica de tales problemas, pero se hacen, por esto mismo, más incitantes para aquellos cuya curiosidad se despierta frente a misterios de esta clase. Un notable ejemplo de lo que puede hacerse mediante la integración y aplicación de conocimientos de diversos campos se relaciona con el perezoso gigante *Neomylonodon Listai* Ameghino del área de Última Esperanza¹. Una determinación de radio-carbono del estiércol de la Cueva del Mylonodon mostró que esta forma extinta vivió 10.832 ± 400 años atrás. Pero, ¿por qué desapareció la especie? Una respuesta plausible la dio el examen de diferentes capas del piso de la caverna, los análisis microscópicos y de elementos menores del estiércol residual, los estudios nutricionales comparativos en monos rhesus y otros animales junto con determinaciones químicas de sus heces, los análisis de polen, el estudio de los cambios climatológicos que ocurrieron en el pasado y afectaron la fertilidad del suelo y la vegetación en esa área, y las consideraciones de las enfermedades animales debidas a deficiencias minerales¹.

Toda esta información, integrada en forma consistente con hechos biológicos y geológicos, sugeriría firmemente que el desaparecimiento del *Neomylonodon Listai* Ameghino se debió a la deficiencia de cobre y cobalto en su dieta. Cuantitativamente, parece que el suelo contenía suficientes cantidades de estas sustancias alimenticias menores, pero la creciente sequedad del clima afectó su aprovechamiento e hizo que la vegetación disminuyera y perdiera calidad nutritiva. Como resultado, los perezosos gigantes sufrieron probablemente de una falta de cobre y cobalto. Entre otras cosas, esto habría producido un debilitamiento general debido a la anemia. A través de varias generaciones, los animales debilitados se habrían hecho más susceptibles a diferentes enfermedades y menos capaces de defenderse contra los depredadores. "Combinados todos estos factores, el resultado fue que esos animales torpes y físicamente débiles fueron acercándose lenta pero seguramente a su destrucción final"¹.

Este trabajo intenta aplicar al problema de los dinosaurios el mismo enfoque comparativo e integrativo tan fructífero en el caso del perezoso gigante. Específicamente, no se sabe qué factor o factores provocaron la extinción de los grandes reptiles. De acuerdo a Cowless, un clima progresivamente más cálido puede haber tenido mucha significación². Pero, por razones que Swinton expone, "parecería ser . . . que ninguna hipótesis cataclísmica, ningún argumento que postule grandes cambios climáticos, puede realmente dar la respuesta"³. Además, "El diatrofismo no ha sido por sí mismo una causa general de extinción, aunque no se debe negar que pudo haber acelerado el proceso"³.

Swinton propone que se debe lógicamente "examinar las causas de extinción tal como se examinan las causas de la muerte en los seres humanos"³. Entre los factores internos que él considera están "aquellos asociados con la naturaleza anatómica y fisiológica del animal; las condiciones patológicas, entre las cuales las disfunciones glandulares, circulatorias o linfáticas son importantes; y los factores hereditarios, como por ejemplo aquellos asociados con tendencias patológicas"³. Desde esta perspectiva, Swinton rebate a Smith Woodward quien, en 1910, consideró el gigantismo y la espinescencia en relación a la senilidad. Swinton atribuye estas condiciones a un trastorno funcional de la glándula pituitaria: "Hay muchos ejemplos de gigantismo en los dinosaurios y los mamíferos primitivos donde el molde de la cavidad craneana y el tamaño de la cavidad hipofisiaria sugieren una glándula pituitaria excepcionalmente grande y presumiblemente muy activa. Este es también el caso en muchos dinosaurios y titanotheres los cuales desarrollan un excesivo crecimiento de hueso inútil (es decir, no funcional). Gran parte de esta espinescencia no encuentra explicación en ninguna otra teoría y los estudios detallados del crecimiento muestran que la mayoría de este material excesivo no guarda proporción con el crecimiento de otros huesos o partes del cuerpo"³.

De este modo, Swinton atribuye la espinescencia y el gigantismo a un desorden pituitario y señala la importancia de las interrelaciones glandulares, por ejemplo, el sistema pituitario-adrenal. Posiblemente, al afectar la reproducción o provocar esterilidad, el desequilibrio hormonal puede haber sido fisiológicamente desventajoso para los dinosaurios en su lucha por la existencia. La principal causa de extinción puede haberse relacionado, así, con cambios en la constitución fisiológica de los animales.

Aceptamos el enfoque lógico del problema que hace Swinton, pero nos preocupan tres preguntas que se derivan de su análisis: 1) ¿por qué los dinosaurios desarrollaron desórdenes pituitarios?; 2) ¿por qué fue fatal para ellos este desorden

glandular?, y 3) por qué sucumbieron todos, en todas partes, a través del mundo, dentro de un período de tiempo geológico relativamente corto?

En primer lugar, nos ha impresionado la evidencia que sugiere que "lo que fue causa de extinción de una especie puede no haber sido operativo en otra" y la conveniencia de estudiar "la extinción de cada especie separadamente"⁴. En segundo lugar, como lo señaló Gill: "El gigantismo es un fenómeno universal que aparece tanto en la geográficamente aislada Australia como en Eurásia. Ningún factor o factores locales pueden, por consiguiente, ser señalados como causa, sino más bien algún efecto mundial"⁴. De este modo, es necesario buscar una condición universal y, preferiblemente, alguna que pueda haber afectado la pituitaria u otra función glandular.

Swinton³ había eliminado los cambios de temperatura y humedad como condiciones letales específicas, de modo que buscamos en otra parte. Puesto que el aire es uno de los factores más universales, se nos ocurrió que algunos cambios críticos en la composición de la atmósfera podrían proporcionarnos una dirección útil hacia la solución del problema. Eliminamos primeramente el anhídrido carbónico a priori, a causa de su alta solubilidad acuosa y los grandes reservorios de agua dulce y salada que actúan como "amortiguadores de CO₂". En seguida consideramos el oxígeno y esto resultó interesante.

El ascenso de los grandes reptiles que ocurrió durante el Período Trásico⁵, unos 185 millones de años atrás, coincidió con la desaparición de los helechos arbóreos de semillas. Esta fue una época en que la vegetación no era particularmente lujuriosa, aunque las altas gimnospermas (Cicadófitas, coníferas, ginkgoes) estaban aumentando y el clima era cálido. Durante los períodos Jurásico y Cretáceo Inferior, aproximadamente 157 a 125 millones de años atrás, la población de dinosaurios aumentó. Pero las angiospermas estaban también apareciendo y desarrollándose rápidamente, en tanto que el clima continuaba cálido. Entonces, en el Cretáceo Medio, hace alrededor de 100 millones de años, los grandes reptiles se extinguieron. Su desaparición coincidió con el desarrollo más rápido de las angiospermas y con fluctuaciones climáticas. Por ese tiempo las angiospermas habían desplazado a las gimnospermas y se habían convertido en la vegetación dominante; esto es, en el Cretáceo Superior los grandes reptiles habían desaparecido y los mamíferos primitivos estaban en ascenso.

Ahora bien, ¿cómo se enlaza todo esto con el oxígeno atmosférico, los dinosaurios y un desorden pituitario? Para explicar esto remontémonos al origen de nuestro planeta. Con anterioridad a la Era Proterozoica, 900 millones de años atrás, cuando aparecieron por primera vez las algas y las bacterias, la atmósfera terrestre era anaeróbica y reductora⁶. En la edad de las algas durante el comienzo del Paleoc-

zoico, y con aparecimiento de las primitivas plantas terrestres en el Paleozoico Medio, la composición química de la atmósfera comenzó a cambiar. Porque el oxígeno que respiramos tiene su fuente en la fotosíntesis de las plantas. En otras palabras, el oxígeno del aire se origina de la fotólisis del agua, proceso que se realiza mediante la clorofila y la activación de la luz⁷. Las primeras y más primitivas plantas empleaban sustancias como azufre elemental e hidrógeno sulfurado como donadores de hidrógeno para la reducción fotosintética del anhídrido carbónico, del cual dependía su asimilación y crecimiento^{7,8,9}. Más tarde, ciertas formas desarrollaron la capacidad enzimática de reducir el anhídrido carbónico utilizando el agua como donador de oxígeno. Una vez que esto sucedió, el oxígeno molecular libre apareció por primera vez en la atmósfera de la tierra. A medida que la vegetación verde se desarrollaba, la atmósfera fue haciéndose más aeróbica y más oxidante. Y este tipo de cambio en la composición química de la atmósfera pudo ser, y probablemente fue, un efecto *mundial*, cuya importancia, ya mencionada, fue señalada por Gill⁴.

Ahora volvamos a los dinosaurios. Estos reptiles eran gigantescos en tamaño y masa. Los estudios fisiológicos de diferentes representantes de muchos tipos zoológicos han indicado que, como principio general, el metabolismo decrece al aumentar el tamaño del cuerpo¹⁰. Por los experimentos de Bénédict¹¹ sabemos que esto también se aplica a los reptiles. Esta es una evidencia indirecta que permite suponer que los dinosaurios tenían un metabolismo extremadamente bajo.

Pero esta idea se halla apoyada por una evidencia más "directa" proporcionada por el tuatara. Este es el nombre común del *Sphenodon punctatum*, un animal semejante al lagarto, de sangre fría, con espinas en el dorso. Doscientos millones de años atrás, había varias clases de tuataras distribuidas a través de gran parte de la tierra. Pero hoy día esta criatura alcanza una longitud de dos pies, se halla restringida a unas pocas islas pequeñas de la costa de Nueva Zelanda en el Estrecho de Cook y la Bahía de Plenty. Este animal es literalmente un fósil viviente puesto que es el único sobreviviente de los reptiles gigantes del orden *Rhynchocephalia* que dominó en la edad Triásica, 170 a 190 millones de años atrás.

Tal vez, como indica Bogert, "estudiando lo más que podamos estas reliquias es posible que encontremos alguna manera de explicar la extinción de los grandes reptiles"¹². Desde nuestro punto de vista, lo que hace extremadamente interesante a este dinosaurio pigmeo es su metabolismo tan bajo. El *Sphenodon punctatum* puede respirar una vez cada 10 ó 12 segundos. Un tuatara con una temperatura corporal de 48°F (9°C) no respiró durante un período de observación de una hora, y se supone que el máximo período de apnosis es mucho más largo. Esta baja actividad respiratoria está en relación con la baja temperatura del cuerpo que en

el caso del tuatara es menor que la de las tortugas y lagartos y otros reptiles. La temperatura corporal media de los tuataras activos está bajo 52°F (11°C). Algunos animales están normalmente activos cuando sus cuerpos están solamente a 11° sobre el punto de congelación (6°C).

De hecho, el tuatara no tolera las temperaturas más cálidas preferidas por los reptiles modernos, ninguno de los cuales tiene una temperatura corporal menor que 58°F (14°C). En condiciones naturales, este animal se halla inactivo y oculto en circunstancias que los reptiles actuales estarían calentándose bajo los rayos del sol^{12, 13, 14, 15}. En consecuencia, el *Sphenodon punctatum*, que ha persistido hasta hoy, parece exhibir el tipo de metabolismo bajo que podría atribuirse a los extintos dinosaurios que recorrían la tierra durante el Período Triásico. Las razones por qué este representante particular se encuentre todavía entre los seres vivos, serán examinadas más adelante.

Los reptiles gigantes desaparecieron de la escena al mismo tiempo que las angiospermas se convertían en la vegetación dominante. Expresado en términos fisiológicos, esto significa: animales muy grandes con metabolismo muy bajo perecieron durante el período en que la concentración de oxígeno atmosférico estaba aumentando muy rápidamente. La superficie fotosintética mayor generalmente de las angiospermas de hojas anchas fue sin duda un factor en la capacidad de estas plantas para "sobresalir" y "sobrepasar" a las gimnospermas. Pero el aumento de la actividad fotosintética significó la liberación de más oxígeno molecular libre en la atmósfera. Es este incremento de la concentración de oxígeno lo que creemos sea el factor mundial, no determinado por Gill⁴, que produjo los desórdenes pituitarios diagnosticados por Swinton³ como la dolencia fatal de los dinosaurios.

¿Cómo sucedió? Es bien sabido que la alta presión de oxígeno ocasiona tensión; esto es, un desgaste en el interior del organismo. La exposición a O₂ a alta presión constituye un esfuerzo que, según la magnitud de la presión y su duración, puede llegar a niveles de considerable severidad y provocar variadas reacciones¹⁶. Estas reacciones incluyen el estímulo del sistema pituitario-adrenal (verbigracia, aumento de secreción de ACTH y corticoides), lo que da como resultado un Síndrome de Adaptación Local o General. De acuerdo a Gerschman et al., "En conexión con el papel de las suprarrenales en el envenenamiento con oxígeno conviene recordar que las tensiones elevadas de oxígeno no se encuentran en la naturaleza y que por lo tanto... las hormonas suprarrenales pueden no ser la respuesta correcta a las exigencias de un esfuerzo previamente desconocido para la materia viva"¹⁷. Sin embargo, creemos que puede haber sido precisamente esta clase de envenenamiento de oxígeno encontrado en condiciones *naturales* el que acabó con los dinosaurios.

Los hechos pudieron suceder de esta manera: durante el Cretáceo Medio, la concentración de oxígeno atmosférico aumentó debido al predominio de las angiospermas. Al mismo tiempo el clima, cálido hasta entonces, comenzó a fluctuar. El elevado porcentaje de oxígeno en el aire junto con la mayor solubilidad de este gas a temperaturas bajas, tuvo como resultado una mayor concentración de oxígeno en los tejidos de los dinosaurios. Esto pudo tener un efecto doble: 1) estimular el sistema pituitario-adrenal como resultado de lo cual el animal desarrollaría un Síndrome de Adaptación; 2) la elevada tensión de oxígeno tanto como la elaboración de hormonas corticales suprarrenales aumentaría la velocidad de ciertas reacciones enzimáticas*. "Si un descenso del metabolismo protege contra la toxicidad del oxígeno, y si el oxígeno como un esfuerzo produce un aumento de la secreción de hormonas suprarrenales, la activación del sistema pituitario-adrenal resultaría perjudicial"¹⁷.

El carácter nocivo de este efecto en el hombre y otros animales, es bien conocido. Los dinosaurios construyeron cuerpos de enorme tamaño. Una vez desarrollados, requerían alimento para proveer de energía y materiales a estas grandes "máquinas". Un catabolismo retardado significaba menos desgaste interno, menos reemplazo de partes usadas y supervivencia con menor consumo de alimentos. En cambio, un metabolismo acelerado aumentaba todas estas facetas de su existencia. A medida que la concentración de oxígeno crecía sobre una base mundial, los dinosaurios se vieron probablemente compelidos a luchar más fieramente por el alimento que necesitaban para vivir. Pero por ese tiempo se vieron cogidos en un círculo vicioso. La alta presión de población y la lucha exacerbada, muy probablemente estimularon aún más su sistema pituitario-adrenal¹⁸. Esto, a su vez, produjo mayor aceleración de su metabolismo. Entonces, se requeriría más alimento. Esto significó mayor competencia, etc.

Tal situación pudo rápidamente ser causa de dificultades para un animal más pequeño. Para los reptiles gigantes, obligados a mantener y operar tremendas "máquinas" metabólicas, significó la extinción. ¡Los dinosaurios posiblemente se consumieron a sí mismos, se quemaron! Parece probable que alcanzara quizá una etapa en que su metabolismo se aceleró tanto que se hizo imposible para ellos consumir el alimento suficiente para satisfacer cuerpos de toneladas de peso. Esto está de acuerdo con el concepto de que la longevidad se halla determinada por un esquema vital y que el envejecimiento está endógenamente controlado¹⁹.

Si estas son las circunstancias con que los reptiles gigantes se encontraron, otros factores tales como mayor susceptibilidad a las enfermedades, disminución de la resistencia ante las especies hostiles y diferentes efectos adversos resultantes de la

(*) Aunque hubo fluctuaciones climáticas en la época en que se extinguieron los dinosaurios, se cree que, en general, las condiciones se hicieron más cálidas desde entonces 2,15. Para los animales de sangre fría, un aumento de la temperatura del medio externo podría también estimular el metabolismo.

elevada presión de oxígeno 20-25 pueden haber contribuido a su muerte. Pero parece probable que el factor más significativo en la desaparición de los dinosaurios es que ellos literalmente se consumieron a sí mismos.

Swinton conocía ciertos efectos de la vegetación que podían haber tenido influencia en la desaparición de grupos animales, pero concluía que "parece no existir ninguna base para sugerir que esa extinción fue ocasionada mediante los aspectos biológicos del medio ambiente"³. Sin embargo, la evolución fotosintética del oxígeno como un factor ambiental cambiante o dinámico puede haber sido significativo. La influencia que una concentración creciente de oxígeno atmosférico puede haber tenido en la evolución de los animales (y de otras formas de vida) merece ser considerada. Puesto que la termorregulación de los reptiles puede haber jugado un papel en la evolución²⁶, la adaptación a diferentes atmósferas gaseosas debería también ser tomada en cuenta. Por Swinton sabemos que, "Los principales períodos evolucionarios en la historia de los vertebrados son tres: en el Devónico, el Permo-Trias y en el Cretáceo-Eoceno. Estos no son coincidentes con los períodos críticos de los invertebrados. Cada uno de ellos puede aparecer como una línea bien definida en la historia de la vida, pero en realidad cubre un período más largo que el requerido para toda la historia del Homo Sapiens. Todos esos tiempos fueron períodos de desaparición para muchos grupos, algunos de los cuales dejaron portentosa descendencia, en tanto que otros fueron estériles y se extinguieron. Fueron igualmente tiempos de gran radiación evolucionaria"³. Tal vez fueron también tiempos en que la concentración de oxígeno en la atmósfera cambió más marcadamente.

Fisiológicamente, un aumento de la concentración de oxígeno tanto como un medio ambiente externo estimularían el metabolismo. A pesar de que la solubilidad del oxígeno es menor a mayor temperatura, un aumento en la concentración de oxígeno en la atmósfera y un clima más cálido podría ejercer el mismo resultado fisiológico neto; especialmente, aceleración del metabolismo. Los reptiles que carecen de termorregulación, o con un mecanismo de esta clase sólo primitivamente desarrollado, es probable que reaccionaran en esta forma ante ambos factores. Desde el punto de vista paleontológico, los cambios climáticos variarían de una parte de la superficie terrestre a otra. Además, "los experimentos indican que los dinosaurios eran probablemente menos susceptibles a los cambios de temperatura que lo que generalmente se ha supuesto"³. Pero las variaciones en la composición de la atmósfera serían más uniformes a través del mundo y podrían ser fisiológicamente más serias.

Se cree que algunos animales se extinguieron porque fueron incapaces de adaptarse con suficiente rapidez a un medio ambiente cambiante. En el caso de los dinosaurios un factor ambiental alterado, a saber, la concentración de oxígeno en la

atmósfera, puede haber sido responsable de provocar un cambio fisiológico en estos reptiles. Pero este cambio fue autocatalítico en cierto sentido. Como resultado, la velocidad de la evolución fisiológica de los dinosaurios puede haber excedido la capacidad de su medio ambiente para sostenerlos. Si esto es verdad, ellos perecieron no porque fracasaran en su adaptación al medio ambiente cambiante sino porque su adaptación quedó hormonalmente fuera de control. Esta explicación fisiológica de la desaparición de los dinosaurios en términos de un aumento del oxígeno atmosférico es una extrapolación del análisis de Swinton³, y parece estar conforme con los hechos biológicos y geológicos.

Significativamente, el surgimiento de las aves y mamíferos de sangre caliente, que condujeron en último término al predominio del hombre, coincidió o siguió de cerca a la extinción de los grandes reptiles²⁷⁻²⁸. Estos dos desarrollos ocurrieron a través del mundo dentro de un período de tiempo geológico relativamente corto. Tal vez la eliminación de los dinosaurios como formidables depredadores jugó algún papel. Pero Swinton cree que "No hay fundamento lógico... para concluir que los reptiles declinaron y muchos se extinguieron *porque* fueron reemplazados por aves y mamíferos. Los hechos se ajustan mejor (aunque todavía no la prueban) a la proposición inversa, que aves y mamíferos reemplazaron a los reptiles porque los reptiles habían declinado o se habían extinguido"²⁹. Swinton también señala que algunos casos se entienden mejor en términos de reemplazo, debido a "las características fisiológicas de los animales implicados", más bien que de conquista³. Un cambio similar ocurrió aún dentro del grupo reptil mismo. Bogert considera la posibilidad de que las mismas condiciones fueron causantes de a) desaparición de los parientes del tuatara y b) el aumento en número y variedades de lagartos termofílicos que los reemplazaron¹⁵. En esta situación, tal como las aves y mamíferos superaron a los reptiles, parece lógico suponer que el mismo factor puede haber intervenido actuando en formas diametralmente opuestas: favorablemente hacia un grupo y desfavorablemente hacia el otro. Un aumento en la concentración de oxígeno atmosférico puede haber funcionado en esta forma. Puede haber inclinado fatalmente la balanza para los grandes reptiles que estaban ya en el umbral fisiológico de la sobrevivencia. Simultáneamente, este mismo factor puede haber hecho posible la ascensión de las aves y mamíferos de sangre caliente. Pues las tensiones de oxígeno más elevadas estimulaban los metabolismos más altos. Esto podría haber sido tan ventajoso y necesario para las aves y los mamíferos como fue perjudicial y desastroso para los dinosaurios. Tal vez es ésta también la razón por qué los lagartos amantes del calor llegaron a exceder en número a los tuataras y a sus parientes.

Volvamos ahora al tuatara, el dinosaurio pigmeo. ¿Cómo es que está todavía con

nosotros? No obstante el clima temperado favorable y la ausencia de depredadores mamíferos en su restringido habitat¹⁵, el *Sphenodon punctatum* no podía evitar la exposición al oxígeno atmosférico aumentado. En realidad, los registros fósiles indican que ciertos parientes del tuatara "precedieron a los dinosaurios en su caída"¹⁵. De modo que el oxígeno puede haber hecho desaparecer algunas formas. Pero el cambio en la composición de la atmósfera ha sido gradual. En lo que respecta a la extinción, "La falla de . . . los argumentos geológicos y geográficos está en el supuesto de que los grandes desaparecimientos fueron repentinos y asociados. Sin embargo, si se considera un grupo tal como el de los Dinosaurios, se encuentra que familias o sectores aparentemente importantes fueron abandonando el campo a intervalos a lo largo del camino, y que muchos de los más importantes ya habían desaparecido antes de la transgresión Cenomanense"¹⁸. Con un cuerpo de tamaño comparativamente pequeño, el tuatara pudo haberse ajustado más fácilmente al oxígeno atmosférico elevado que sus parientes más grandes. Pero ¿cómo, exactamente, se adaptó esta creatura?

Bogert atribuye su supervivencia a una combinación de factores, entre los cuales el clima frío temperado y el estar libres del ataque de los depredadores son particularmente importantes¹⁵. Este razonamiento, sin embargo, presupone que la fisiología del tuatara es la misma hoy día que lo que fue durante el Mesozoico, 60 a 125 millones de años atrás. Simpson describe este pequeño animal como "uno de los ejemplos más notables de estancamiento evolucionario. Es casi idéntico en estructura a las formas ancestrales del Jurásico, y el progreso evolucionario de esta línea ha sido virtualmente nulo en los últimos 135 millones de años o más"²⁰. Apreciamos la interrelación entre estructura y función, pero una anatomía que no cambia no significa una fisiología estática.

Por ejemplo, los coelocanthos que han sido cogidos en el Océano Indico en la última década son ediciones anatómicas actuales de los coelocanthos que se creía extinguidos al final de la Era Mesozoica³⁰. Pero allí están, todavía con nosotros. Tal como el contenido de oxígeno de la atmósfera ha aumentado, así también la salinidad de los océanos ha crecido. Por lo tanto, aunque su anatomía puede no exhibir grandes cambios, el coelocantho *ha evolucionado* fisiológicamente. De otro modo no estaría ahora entre los seres vivientes. "La mayoría de los fósiles vivientes, tales como los lingúlidos, esfenodóntidos y zarigüeyas (opossum), han habitado esencialmente el mismo medio ambiente básico desde la época en que aparecen por primera vez en los registros fósiles. Los dípnoos tuvieron una invasión marina en el Devónico, pero desde ese tiempo han vivido siempre en corrientes y pantanos de agua dulce. Los coelocanthos son tal vez únicos por el hecho de haber invadido numerosos ambientes acuáticos diferentes durante el curso de su historia —lagunas, lagos, corrientes—, pantanos, mares epicontinentales poco profundos y,

probablemente durante la mayor parte del Cenozoico, las plataformas continentales lindantes con alta mar³⁰.

De la misma manera, el tuatara puede haber evolucionado fisiológicamente. Específicamente, la baja temperatura corporal y la respiración lenta que actualmente presenta pueden ser aquellos mecanismos adaptativos a los cuales debe su supervivencia. Si se extrapola el metabolismo de los tuatara del siglo veinte (en el umbral de la edad atómica) a los dinosaurios del Mesozoico, los reptiles gigantes aparecen teniendo una temperatura corporal y una actividad respiratoria tan baja que es difícil comprender cómo llegó a ser dominante ese grupo. Esos gigantes deben haber requerido apreciable energía para el combate, para capturar la presa, para mover su tremenda armazón de un lado a otro, y aún para respirar. Esto dependía de la respiración en una atmósfera con menos oxígeno que la nuestra. Para satisfacer tan grandes requerimientos de energía, parecería que su metabolismo debe haber sido más alto que lo indicado por una extrapolación de los tuatara contemporáneos. Pero si esto es así, entonces el metabolismo de los tuatara del Mesozoico era probablemente más alto que el de sus descendientes modernos. A través de todo esto, deben tenerse presentes las observaciones de Benedict sobre la relación inversa entre tamaño del cuerpo y metabolismo entre los reptiles³¹.

En consecuencia, el tuatara es posible que haya evolucionado fisiológicamente. Pero ¿cómo y por qué? La dirección parece haber sido hacia un metabolismo más bajo, y esto se consiguió mediante una actividad respiratoria reducida. Al no ser capaz de eludir la creciente concentración de oxígeno atmosférico, el tuatara simplemente tomó menor cantidad de él respirando menos frecuentemente. Como era un animal pequeño, pudo hacerlo y sobrevive hasta ahora. Los reptiles gigantes, por otra parte, no podían hacer lo mismo pues debían sostener aquellas tremendas "máquinas" bioquímicas de cuyo funcionamiento dependía su supervivencia. Dentro de nosotros, en la forma de nuestra sangre salina, llevamos el primitivo ambiente marino desde el cual evolucionamos³¹. Al disminuir su actividad respiratoria, el tuatara puede haber descubierto una forma de retener una baja tensión de oxígeno en los tejidos correspondiente a la concentración de oxígeno de la atmósfera que existía cuando los dinosaurios vagaban por la tierra. Tal vez el tuatara está vivo hoy porque sufrió una evolución fisiológica que le ha permitido mantener el clima corporal interno característico de sus antepasados durante la Era Mesozoica, hace unos 100 millones de años. Este tipo de evolución fisiológica no estaría asociada necesariamente con una contrapartida anatómica.

Literatura Citada

- 1 Salmi, M. 1955. *Acta Geographica*, 14:314
- 2 Cowles, R. B. 1939. *Science*, 90:465
- 3 Swinton, W. E. 1954. *Discovery*, 15:116
- 4 Gill, E. D. 1955. *Evolution*, 9:87
- 5 Fuller, H. J. y Tippo, O. 1949. *College Botany*. Henry Holt and Co. New York
- 6 Osarin, A. I. 1938. *The Origin of Life*. MacMillan, N. York

- 7 Rabinowitch, E. I. 1945. *Photosynthesis and Related Processes*. Interscience Publishers, Inc. New York.
- 8 Van Niel, C. B. 1949. The comparative biochemistry of photosynthesis. En "Photosynthesis en Plants, pp. 437-495. The Iowa State College Press, Ames
- 9 Schatz, A. 1955. *The Bryologist*, 58:113
- 10 Zeuthen, E. 1947. *Compt. Rend. des Trav. du Lab. Carlsberg, Ser. Chim.* 26:17
- 11 Benedict, F. G. 1932. *The Physiology of Large Reptiles*, Carnegie Publ. 425, Washington. D. C.
- 12 Milligan, R. D. D. 1923 *Australasian Assoc. Adv. Sci.* 16: 404
- 13 Dawbin, W. H. 1948. *Tuatara*. 2:91
- 14 Bogert, C. M. 1953. *Zoologica*. 38:63
- 15 Bogert, C. M. 1953. *Scientific Monthly*. 76:163
- 16 Bean, J. W. and Johnson, P. C. 1954 *Amer. Jour. Physiol.* 179:410
- 17 Gerschman, R. et al. 1954. *Amer. Jour. Physiol.* 179:346
- 18 Louch, C. D. 1956. 37:701. *Ecology*
- 19 Lansing, A. I. 1956. 15:960. *Federation Proc.*
- 20 Dickens, F. 1955. The toxic effect of oxygen on nervous tissue. In *Neurochemistry*, pp. 631-647. Charles Thomas, Springfield, Illinois
- 21 Lambertsen, C. J. et al. 1953. *Jour. Appl. Physiol.* 5:487
- 22 Aikawa, J. K. and Bruns, P. D. 1956. *A. M. A. J. Dia. Children* 51:614
- 23 Heston, W. E. and Pratt, A. W. 1956. *Proc. Soc. Exptl. Biol. and Med.* 92:451
- 24 Penrod, K. E. 1956. *Jour. Appl. Physiol.* 9:1
- 25 Helström, B. E. 1956. Experimental Approach to the pathogenesis of retrolental fibroplasia. *Almqvist & Wiksells Boktryckeri Ab. Uppsala.*
- 26 Bogert, C. M. 1949. *Internat. Journ. Organic Evolution*. 3:195
- 27 Cowles, R. B. 1948. *Am. Naturalist*. 74:542
- 28 Cowles, R. B. 1945. *Am. Naturalist*. 79:461
- 29 Simpson, G. G. 1949. *The Meaning of Evolution*. Yale University Press, New Haven
- 30 Schaeffer, B. 1953. *Trans. N. Y. Acad. Sci.*, Ser. II, 15:70
- 31 Baldwin, E. 1948. *An Introduction to Comparative Biochemistry*. University Press, Cambridge.

I JORNADAS ARQUEOLOGICAS CUYANAS

Con el auspicio de la Universidad Domingo Faustino Sarmiento de la provincia de San Juan y la Universidad Nacional de Cuyo, se efectuaron entre los días 7 y 18 de abril último en las ciudades de Mendoza y San Juan las "Primeras Jornadas Arqueológicas Cuyanas".

Gracias a la gentileza de las autoridades universitarias de Mendoza y San Juan y, también, a la del Dr. Juan Schobinger y del prof. Pablo Sacchero, la arqueología chilena pudo estar presente en estas importantes reuniones arqueológicas. Asistieron por Chile los profs. Jorge Iribarren y Julio Montané del Museo de La Serena y Bernardo Berdichewsky y Mario Orellana de la Universidad de Chile de Santiago.

Entre los arqueólogos argentinos que concurren a esta cita científica podemos mencionar las del profs. Miriam Tarragó y Ana María Lorandi, de Rosario; los profs. Núñez Regeiro, Nicolás de la Fuente y al R. P. Rubén O. Alá, de Córdoba; también asistieron representantes del Museo Etnográfico de Buenos Aires, del Museo de la Rioja, de Bahía Blanca, etc. Junto a los especialistas argentinos y chilenos estuvieron presentes numerosos alumnos y ayudantes de Arqueología de Córdoba y Mendoza.

En Mendoza entre los días 7 y 11, las sesiones de trabajo colocaron el acento en el Período Tardío Agro Alfarero y en especial en la ocupación incásica, en Chile y Argentina. Intervención especial les cupo a los profs. Schobinger, Sacchero, De la Fuente y a los

delegados chilenos. Junto a estas sesiones de trabajo dedicadas a los especialistas se ofrecieron algunas conferencias de carácter divulgativo (conferencias de los señores Schobinger y De la Fuente).

También se inauguró una muestra arqueológica en la Universidad de Mendoza (Facultad de Filosofía y Educación) y se efectuó una salida a terreno: yacimiento de Agrelo.

El 12 de abril los participantes se trasladaron a San Juan. Ese día se inauguró el Museo Arqueológico de la provincia de San Juan.

Desde el día 13 al 16 se pasó revista a todo lo que se sabía de los períodos Medio y Temprano agro-alfarero (tanto para Argentina como para Chile) (insistiendo en las relaciones y contactos de las culturas "argentinas" y "chilenas").

Entre los especialistas argentinos, intervinieron principalmente Miriam Tarragó, Nicolás De la Fuente, Núñez Regeiro y Ana María Lorandi; correspondiéndole a Iribarren, Montané, Berdichewsky y Orellana exponer el estado actual de la investigación arqueológica en el territorio chileno.

Después de las sesiones de trabajo, se iniciaban charlas de divulgación que estuvieron a cargo de Tarragó, Schobinger, De la Fuente, Lorandi e Iribarren.

Se visitaron importantes yacimientos arqueológicos de la provincia de San Juan. Estas salidas a terreno fueron fundamentales, en especial para los arqueólogos chilenos, quienes tuvieron oportunidad de conocer sitios como Tocota, Angualasto, Pachimoco, y también colecciones arqueológicas particulares (colección del señor Luján).

Como resultado de estas Jornadas podríamos precisar, desde nuestro punto de vista: