

Ciencia de los Orígenes

Primavera 2008

Una publicación del Geoscience Research Institute
Loma Linda, California

Número 75

EL ORIGEN DE LA VIDA EN LA TIERRA: RAZONES POR LAS QUE LOS MODELOS NATURALISTAS SON IMPOSIBLES

Raúl Esperante, PhD

Geoscience Research Institute, Loma Linda, California, USA

INTRODUCCIÓN

El tema del origen de la vida es de importancia capital en cualquier modelo para la historia de la vida en la Tierra. Los científicos creationista creen que Dios creó la vida en la Tierra hace varios miles de años durante la semana de la creación, según lo descrito en la Biblia en Génesis 1. Por otra parte, los evolucionistas afirman que la vida surgió de componentes inorgánicos por medio de reacciones químicas al azar que condujeron a la formación de moléculas orgánicas simples. Estas moléculas se polimerizaron y formaron las primeras células que fueron la base para los organismos multicelulares complejos que vemos en el registro fósil y en el presente. La aceptación del marco evolucionista entre la mayoría de los científicos desencadenó la búsqueda de un modelo naturalista para su hipótesis. En siglo XX se diseñaron varios experimentos para probar la viabilidad del origen inorgánico para las moléculas orgánicas. Estas alternativas no están libres de problemas. En este artículo examinaremos los modelos naturalistas propuestos para el origen de la vida, las presuposiciones en las que se basan los experimentos y los modelos de la síntesis de moléculas orgánicas, las pruebas presentadas a favor de estos modelos, y los problemas que presentan esos modelos naturalistas para el origen de la vida.

LOS EXPERIMENTOS HACIA EL ORIGEN INORGÁNICO DE LA VIDA

El Escenario naturalista de Oparin

El primer planteamiento serio sobre el origen naturalista de la vida fue hecho por Aleksandr Oparin, un graduado de la universidad de Moscú. Después de que Louis Pasteur refutara la generación espontánea en 1864, Oparin intentó contestar a la pregunta planteada por los científicos naturalistas, *si un organismo vivo viene de otro organismo vivo, ¿de dónde vino el primer organismo?* Para responder a esta pregunta, en 1924 comenzó a desarrollar su teoría sobre el origen de la vida, que consiste en la evolución química de moléculas con carbono en una sopa primitiva.

Las moléculas de la vida se componen de carbono (C), hidrógeno (H), nitrógeno (N) y oxígeno (O), por lo tanto cualquier

experimento que procure explicar cómo comenzó la vida tiene que utilizar moléculas que contengan esos átomos. Sin embargo, la presencia de oxígeno libre puede destruir muchas moléculas orgánicas, por lo que Oparin postuló una que la atmósfera primitiva era *muy reducida* y rica en metano (CH_4) como fuente de C, hidrógeno (H_2) y amoníaco (NH_3) como fuente de N.¹

Oparin sugirió que la fuerte radiación ultravioleta y las descargas eléctricas atmosféricas habrían accionado ciertas reacciones químicas en la atmósfera reductora primitiva produciendo aminoácidos, que posteriormente calleron sobre la superficie de la Tierra. La evaporación habría concentrado los aminoácidos en charcas sobre rocas calientes en la superficie. Este calor habría facilitado las reacciones químicas al azar que ligaron varios aminoácidos a través de enlaces peptídicos que eventualmente formaron las primeras proteínas.

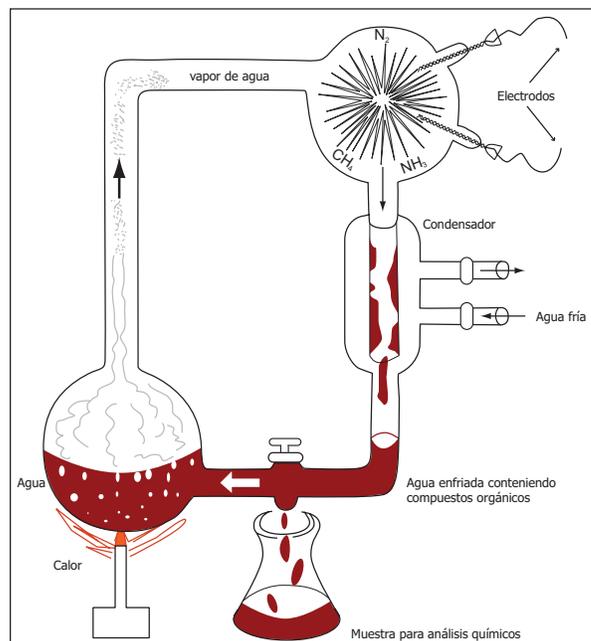


Figura 1. Diagrama del experimento de Miller.

Las proteínas son los componentes esenciales de la vida y todas las células y tejidos biológicos contienen millares de ellas con funciones diversas y específicas. Oparin sugirió que estas proteínas se debieron haber concentrado para formar glóbulos coloidales, que son agregados moleculares globulares estabilizados por fuerzas electrostáticas. Él sugirió que otras moléculas orgánicas (que también habrían tenido un origen inorgánico) incorporaron estos glóbulos creando un ambiente propicio para ciertas reacciones químicas, las cuales eventualmente condujeron a la autosíntesis de las unidades agregadas. Oparin vio en este proceso el primer paso hacia la formación de células vivas.

El experimento de Miller

La teoría de Oparin fue recogida en 1952 por Harold Urey, un profesor de la Universidad de Chicago, y su estudiante Stanley Miller. Urey había aceptado la sugerencia de Oparin de que la atmósfera primitiva era rica en metano, hidrógeno, amoníaco y vapor de agua.² Con esta presuposición, Miller preparó un montaje de artefactos de vidrio en el laboratorio de Urey (Fig. 1) y trató de obtener los bloques químicos esenciales por medio de experimentos controlados. Miller circuló los gases a través de descargas eléctricas de alto voltaje que simulaban relámpagos, y después de algunos días el agua se volvió roja y turbia.³ El análisis químico de la "sopa" que resultó rindió una variedad de compuestos, incluyendo algunos aminoácidos y otros productos químicos orgánicos (Tabla 1).

TABLA 1

Aminoácido	Meteorito Murchison	Experimentos de descarga
Glicina	****	****
Alanina	****	****
Ácido α -amino-N-butírico	***	****
Ácido α -aminoisobutírico	****	**
Valina	****	**
Norvalina	****	***
Isovalina	***	**
Prolina	****	*
Ácido Aspártico	****	***
Ácido Glutámico	****	**
β -Alanina	**	**
Sarcosina	**	***
N-Etilglicina	**	***
N-Metilalanina	**	**
Ácido Pipecólico	*	*
Ácido β -amino-N-butírico	*	*
Ácido β -aminoisobutírico	*	*
Ácido γ -aminobutírico	*	**

Tabla 1: Comparación entre los aminoácidos obtenidos en los experimentos de descargas eléctricas en condiciones controladas de laboratorio y los encontrados en el análisis de meteoritos caídos sobre la Tierra. El número de asteriscos indica la abundancia relativa encontrada en el meteorito o la obtenida en el experiment. Datos obtenidos de L.E. Orgel. 1994. *The origin of life on the earth*. Scientific American: 77-83.

El experimento de Miller produjo la clase de resultados que los naturalistas deseaban para probar que la vida podría tener un origen inorgánico bajo condiciones reductoras en la supuesta atmósfera primitiva. El experimento fue repetido muchas veces por otros investigadores, utilizando pequeñas variantes en la composición, y obteniendo resultados similares. Sin embargo, apenas una década después de este experimento, los científicos ya cuestionaban la postulada composición de la atmósfera de la Tierra primitiva basada en estos hallazgos.

PROBLEMAS CON LOS EXPERIMENTOS

Los resultados químicos de los experimentos

Los experimentos de Miller y de otros usando una atmósfera de metano, amoníaco y agua para reproducir hipotéticas condiciones de la atmósfera primitiva rindieron lo que se creyó habían sido los compuestos orgánicos precursores de la vida en los océanos primitivos. Miller obtuvo varios aminoácidos, incluyendo la glicina y la alanina, los dos aminoácidos más simples encontrados en las proteínas (Tabla 1).⁴ Estos resultados parecían prometedores y se esperaba reconstruir con ellos el escenario naturalista para el origen de la vida.

Hay, sin embargo, varios problemas con estos resultados.

- ♦ Todos los aminoácidos obtenidos en los experimentos de síntesis de laboratorio son casi o totalmente racémicos,⁵ es decir, ocurren como mezcla de aminoácidos estereoisómeros L y D, mientras que las proteínas de las células se construyen exclusivamente de aminoácidos del tipo L. Ésto es de hecho uno de los obstáculos más importantes que presentan los experimentos naturalistas que tratan de reproducir las supuestas condiciones en la atmósfera primitiva, porque el poder de autoorganización (o de polimerización en macromoléculas más complejas) y la función se basan en las particulares características químicas, físicas y estereoquímicas de las moléculas. Estas características no se han observado en una forma altamente organizada en ninguna de las moléculas prebióticas obtenidas en los experimentos de simulación.⁶
- ♦ Algunos de los aminoácidos esenciales de las proteínas, tales como la lisina, la histidina y la arginina, no se obtienen en cantidades perceptibles o útiles para la síntesis de proteínas.⁷
- ♦ Muchos de los aminoácidos obtenidos en los experimentos, incluyendo la norvalina y la norleucina, no tienen ninguna función en las proteínas. Algunos de estos aminoácidos no aparecen de manera natural en la Tierra.
- ♦ Los experimentos como los de Miller muestran que no es difícil producir moléculas orgánicas a partir de componentes inorgánicos. Sin embargo, los experimentos de Miller fueron realizados bajo condiciones *controladas de laboratorio*, que no se asemejan a las condiciones de los sistemas abiertos en naturaleza. Para lograr lo que asume que sucedió originalmente, los experimentalistas *ajustan* el sistema con condiciones que también asumen que se dieron, y entonces cuando se dan los resultados previstos, los presentan como la explica-

ción más probable para el origen de la vida. Esto es un razonamiento circular.

- ◆ Además, se ha precisado que aunque es fácil obtener moléculas orgánicas en estos experimentos controlados, lo que es realmente difícil (y no se ha logrado) es la producción de moléculas que sean de suficiente *baja diversidad y similares* a las moléculas que ahora se hayan en los organismos vivos.⁸ ¿Por qué baja diversidad? Porque la alta diversificación pudo ser un obstáculo para la polimerización, la transición desde moléculas moléculas autoreplicadoras y la formación de células. El metabolismo de la célula funciona solamente utilizando algunos cientos de moléculas pequeñas que se utilizan en la construcción de muchos diversos polímeros (macromoléculas), y funcionan en rutas metabólicas diversas. Las enzimas intervienen en la polimerización de las macromoléculas y en las reacciones bioquímicas subsiguientes. Las enzimas son específicas en su acción y en el reconocimiento de la naturaleza y de la estructura de la molécula a la que se unen. Si aceptamos el origen naturalista de las moléculas pequeñas (en la sopa primordial o en el espacio exterior) entonces tendremos que enfrentarnos al problema de una gran variedad de moléculas, porque algunas de ellas tendrían estructuras muy similares. Las enzimas tendrían una cantidad enorme de moléculas similares sobre las que actuar y podrían terminar uniéndose a las incorrectas, impidiendo así el proceso enzimático correcto. Por lo tanto, aunque la sopa primordial contuviese una variedad de moléculas pequeñas esenciales para la polimerización, también podrían estar presentes moléculas ‘inapropiadas’ que inhibirían el inicio de la polimerización y del metabolismo. Ésta es la razón por la que Danchin indica que “ningún escenario para el origen de la vida se puede imaginar aparte del ambiente *organizado y selectivo*, antes de la formación de las moléculas que se utilizarían en las macromoléculas” (énfasis en el original).⁹ De esta forma, no es suficiente obtener algunas moléculas orgánicas (aminoácidos) que sean *similares* a las que están en las células modernas; esas moléculas tienen que polimerizarse en compuestos más complejos (proteínas) y nadie sabe cómo podría haber ocurrido esto en el océano primitivo.
- ◆ Los experimentos de simulación han sido diversos y a veces inverosímiles. Así, en estos experimentos controlados se han obtenido muchos compuestos que habrían podido formarse en condiciones *supuestamente* similares a las de la Tierra prebiótica, pero las condiciones físicas y químicas de cada experimento son diferentes. No se ha encontrado, o siquiera sugerido, ningún modelo que proporcione *todos* los compuestos biogénicos necesarios al mismo tiempo y sin moléculas ‘inapropiadas’.¹⁰

La composición de la atmósfera primordial

Los modelos que se proponen para la evolución atmosférica desde el Precámbrico se basan en la hipótesis de la acumulación progresiva de gases exhalados desde el interior de la Tierra y por los primeros organismos (para la escala de tiempo geológico

según el marco de evolucionista, ver Tabla 2). El problema principal de estos modelos naturalistas es la cantidad de oxígeno e hidrógeno en el aire *antes de la existencia de la vida*, porque el oxígeno destruiría las moléculas orgánicas por los procesos de oxidación. Ésa es precisamente la razón por la que las células tienen numerosos sistemas para prevenir la oxidación de sus componentes. Oparin y Miller sabían que para obtener las moléculas orgánicas con el bombardeo de compuestos inorgánicos en un sistema cerrado, tenían que eliminar el oxígeno libre del experimento. Así fue que se asumió que el oxígeno no habría podido estar presente en la atmósfera primitiva porque destruiría cualquier molécula orgánica que se pudiera formar por procesos naturales. Por lo tanto, Oparin y Miller asumieron la carencia de oxígeno en sus modelos para la atmósfera primitiva, y Miller no incluyó este gas en su experimento. El oxígeno es producido por organismos fotosintéticos, pero según el marco evolutivo, las plantas verdes y las algas no habrían aparecido aún en el planeta, por lo tanto Oparin y Miller creían que se basaban en una presuposición segura.¹¹

Oparin y Miller propusieron que la atmósfera del Arqueano Inferior (ver Tabla 2) era reductora y rica en metano (CH_4), amoníaco (NH_3), y carecía de nitrógeno molecular (N_2) y oxígeno (O_2). Ahora la opinión de los científicos está dividida con respecto a esta presuposición. Pocos creen que la atmósfera primitiva fuese fuertemente reductora o rica en hidrógeno. Según Tian et al.,¹² las concentraciones de CH_4 y NH_3 habrían sido bajas en la atmósfera primitiva debido a la rápida pérdida producida por la radiación solar UV. La emisión volcánica de CH_4 y el NH_3 no habría sido suficiente para mantener altas concentraciones de estos gases. El modelo que implica alta concentración de hidrógeno en la atmósfera se ha discutido menos, y es sostenido por los que piensan que la Tierra primitiva conservó eficientemente el hidrógeno ligero,¹³ y rechazado por los que creen que este gas se habría escapado fácilmente de la atmósfera de la Tierra.¹⁴

Otros geólogos y astrofísicos sugieren que la atmósfera Arqueana debió ser neutral, es decir rica en dióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno molecular (N_2).¹⁵ Sin embargo, este modelo presenta un problema importante, debido a que la síntesis de moléculas prebióticas esenciales habría sido mucho más difícil en presencia de CO_2 que en atmósferas reductoras. Los experimentos de laboratorio demuestran que la producción de cianuro de hidrógeno (HCN) y de formaldehído (H_2CO), así como de aminoácidos, desciende considerablemente en atmósferas ricas en CO_2 comparado con atmósferas ricas en CH_4 o en monóxido de carbono (CO).¹⁶ Los experimentos demuestran que el cianuro de hidrógeno (HCN) y el formaldehído (H_2CO), que son precursores esenciales de las purinas y pirimidinas, y de los aminoácidos y azúcares, respectivamente, no se formarían en una atmósfera rica en CO_2 y N_2 .

Debido a las dificultades que presentan los modelos de atmósfera reductora y neutra, algunos geólogos han adoptado el punto de vista de que la atmósfera primitiva debió ser ligeramente oxidante, es decir con bajo contenido en O_2 y con contenido en CO_2 , N_2 y H_2O .¹⁷ El oxígeno es producido principalmente por las algas verdes en los océanos, especialmente las diatomeas y los coccolithofóridos, y las plantas verdes terrestres. Sin embargo,

TABLA 2

Escala evolucionista de tiempo geológico				
Eón	Era	Sistema o Período	Época	Edad (millones de años)
Fanerozoico	Cenozoico	Neógeno	Holoceno	0.0115
			Pleistoceno	1.80
			Plioceno	5.33
			Mioceno	23.03
		Paleógeno	Oligoceno	33.9 ± 0.1
			Eoceno	55.8 ± 0.2
			Paleoceno	65.5 ± 0.3
	Mesozoico	Cretácico	Superior	99.6 ± 0.9
			Inferior	145.5 ± 4.0
		Jurásico	Superior	161.2 ± 4.0
			Medio	175.6 ± 2.0
			Inferior	199.6 ± 0.6
		Triásico	Superior	228.0 ± 2.0
	Medio		245.0 ± 1.5	
	Inferior		251.0 ± 0.4	
	Paleozoico	Pérmico	Lopingiano	260.4 ± 0.7
			Guadalupiano	270.6 ± 0.7
			Cisuraliano	299.0 ± 0.8
		Carbonífero	Superior	318.1 ± 1.3
			Inferior	359.2 ± 2.5
		Devónico	Superior	385.3 ± 2.6
			Medio	397.5 ± 2.7
			Inferior	416.0 ± 2.8
		Silúrico	Pridoli	418.7 ± 2.7
			Ludlow	422.9 ± 2.5
			Wenlock	428.2 ± 2.3
			Llandovery	443.7 ± 1.5
		Ordovícico	Superior	460.9 ± 1.6
Medio	471.8 ± 1.6			
Inferior	488.3 ± 1.7			
Cámbrico	Furongiano	501.0 ± 2.0		
	Medio	513.0 ± 2.0		
	Inferior	542.0 ± 1.0		
Precámbrico	Proterozoico	Neoproterozoico	1000	
		Mesoproterozoico	1600	
		Paleoproterozoico	2500	
	Arqueano	Neoarqueano	2800	
		Mesoarqueano	3200	
		Paleoarqueano	3600	
		Eoarqueano	Límite inferior no definido	

Tabla 2: Escala de tiempo geológico utilizada por los científicos evolucionistas. Ciencia de los Orígenes no cree en la extensión de tiempo de millones de años para la presencia de vida en la Tierra, aunque utilice la escala para facilitar la comunicación científica entre los lectores.

la ausencia de algas fotosintéticas y de plantas terrestres no impide la formación de oxígeno en la atmósfera porque ciertas cantidades pequeñas de oxígeno habrían sido generadas por la fotodisociación de las moléculas de agua a elevadas altitudes de la atmósfera.¹⁸ Además, incluso una cantidad pequeña de O₂ puede dañar y destruir las moléculas orgánicas. De este modo, hay que preguntarse cuánto oxígeno estuvo presente en la atmósfera primitiva y si desempeñó algún papel en las reacciones químicas hacia el origen de la vida. Para solucionar este enigma, los geólogos comenzaron a estudiar las rocas en búsqueda de pistas.

Rocas Precámbricas y oxígeno en la atmósfera

La distribución de algunos elementos químicos y compuestos, incluyendo S, N y carbono orgánico depende en gran parte de las condiciones redox y diagenéticas primarias, es decir, de la cantidad (o presión atmosférica) de oxígeno disponible en el ambiente. Las rocas registran las reacciones químicas entre los gases atmosféricos y los elementos químicos y otras condiciones ambientales que se dan en el sedimento y los minerales en el momento de la precipitación mineral y del enfriamiento del magma. En ese sentido los geólogos han examinado algunas de las rocas más antiguas conocidas (en el marco de tiempo geológico estándar), y han analizado algunos depósitos, minerales y estructuras que se cree que se formaron cuando aparecieron los primeros organismos. También han examinado varias características geológicas que podrían proporcionar pruebas para la presencia de oxígeno en la atmósfera primitiva, incluyendo ciertos minerales, tales como la uraninita y la pirita, capas rojas, formaciones con capas de hierro en bandas, y concentraciones de hierro (Fe), carbono (C), azufre (S), y el contenido isotópico en las rocas. Después de varias décadas de estudios, los resultados han sido parciales y poco concluyentes. Muchos científicos encuentran indicios que sugieren la presencia de oxígeno en las rocas de hace 3700 millones años, mientras que otros afirman no encontrar pruebas de la presencia de ese gas en la atmósfera hasta más recientemente. Examinaremos algunas de estas pruebas según lo descrito en la literatura científica.

Las rocas más viejas de la Tierra

Las rocas más antiguas conocidas por los geólogos son del período Arqueano Inferior (Tabla 2) y afloran parcialmente en la superficie en algunas áreas en el Escudo Canadiense, Australia, África, Groenlandia, y en Fennoscandia, un área que abarca el norte de Escandinavia y el noroeste de Rusia. Éstas son rocas magmáticas y metamórficas, datadas entre 2500 y 3800 millones de años, según la escala de tiempo evolucionista. El Gneis de Acasta en el Escudo Canadiense contiene mineral zircón que se ha datado en 4030 millones de años, y se piensa que es la roca terrestre conocida más antigua, según la cronología geológica estándar basada en dataciones radiométricas. Una roca potencialmente más antigua fue encontrada en el metaconglomerado de Jack Hills en Australia Occidental, con cristales de zircón datados en 4400 millones de años, pero hay controversia con respecto a esta edad.

La presencia de uraninita y pirita

La uraninita es un mineral que se compone sobre todo de dióxido de uranio (UO₂) y cantidades menores de UO₃ y óxidos de plomo (Pb), torio (Th), y otros elementos traza. La pirita es un sulfuro de hierro (FeS₂), el más común de los minerales de sulfuro, generalmente asociado con otros sulfuros y óxidos en las rocas sedimentarias, rocas metamórficas, y como mineral de sustitución en el carbón y en los fósiles. La presencia de uraninita y la pirita en las rocas del Precámbrico Medio se interpreta generalmente como de procedencia detrítica, es decir, procedentes de la erosión de rocas previas, y altamente solubles en agua con oxígeno. Por lo tanto la presencia de uraninita y de pirita ha sido interpretada por algunos científicos como prueba de una atmósfera inicial reducida, deficiente en oxígeno (con baja presión atmosférica de oxígeno). Sin embargo, la naturaleza y el origen

de la uraninita y de los minerales de la pirita son altamente discutibles, y los datos sugieren que los océanos y la atmósfera del Precámbrico Inferior no habrían diferido de los actuales.

En los sedimentos actuales la pirita se origina principalmente por medio de dos procesos, la reducción del sulfato en el agua del mar por las bacterias y la producción de sulfuro durante la descomposición de materia orgánica. El sulfuro también tiene dos orígenes de menor importancia, que son las emisiones volcánicas y la pirita detrítica. ¿De qué manera la presencia de los minerales del sulfuro en sedimentos indica cuales pudieron haber sido las condiciones oceánicas y atmosféricas en el mundo Precámbrico?

- ◆ Dimroth y Kimberley señalan que no se ha encontrado pirita detrítica en las rocas areniscas de origen fluvial y marinas someras del Proterozoico Inferior en Quebec, Canadá.¹⁹ El registro geológico no muestra ninguna diferencia geoquímica fundamental entre las rocas del Precámbrico (cuando la atmósfera era supuestamente libre de oxígeno) y las rocas ricas en hierro y uranio del Fanerozoico. Puesto que los geólogos creen que las rocas sedimentarias registran las condiciones ambientales contemporáneas en el momento de la deposición, se concluye que la semejanza entre las rocas Precámbricas y del Fanerozoico indica semejanza en condiciones atmosféricas y oceánicas, y que por tanto la atmósfera del Precámbrico debió ser similar o igual a la del resto de los períodos geológicos.
- ◆ En sedimentos Recientes²⁰ se encuentra sulfuro sobre todo en asociación con pizarras bituminosas.²¹ Este sulfuro es originado por bacterias reductoras, las cuales necesitan oxígeno para descomponer la materia orgánica. Los análisis de pizarras Precámbricas y Fanerozoicas indican presencia de sulfuro, lo que sugiere que estas rocas fueron formadas bajo condiciones similares en los océanos y que la reducción bacteriana ya se daba durante la deposición de los sedimentos Precámbricos.
- ◆ El sulfuro formado por actividad volcánica se oxida rápidamente bajo condiciones actuales, y los sulfuros de metales pesados se forman solamente bajo condiciones excepcionales. Se esperaría que en los océanos pobres en oxígeno del Precámbrico, el sulfuro lanzado por los volcanes submarinos formase gruesas acumulaciones de pirita en el fondo marino. Sin embargo, los depósitos volcanogénicos de sulfuro del Precámbrico y del Fanerozoico son similares en extensión y grosor, y no se ha encontrado ninguno depósito masivo de pirita en secuencias sedimentarias o volcánicas del Arqueano.²²
- ◆ Las semejanzas no se limitan a la naturaleza y a la distribución de las rocas

sedimentarias ricas en uranio e hierro de todas las épocas, sino que se extienden a las rocas ricas en carbono orgánico y sulfuro en muchos lugares.²³ Si las rocas primitivas del Precámbrico fueron depositadas bajo una atmósfera libre de oxígeno, su composición química debería ser notablemente diferente con respecto a las que se hubieran formado en una atmósfera rica en oxígeno.

Presencia y distribución del carbono orgánico

Toda la materia orgánica se oxida rápidamente en las condiciones atmosféricas actuales, y esa es la razón por la que las células están equipadas con numerosos mecanismos para prevenir que este proceso de descomposición suceda espontáneamente. La descomposición parcial de la materia orgánica produce carbono orgánico disuelto en la columna de agua y en los sedimentos, pero este carbono se oxida fácilmente bajo la atmósfera rica en oxígeno, un proceso que ocurre rápidamente en sedimentos gruesos como la arenisca, y más lentamente en sedimentos arcillosos.²⁴ El carbono orgánico que se acumula en la arena de las playas, deltas y dunas se oxida y desaparece en un tiempo muy corto. Los depósitos fangosos de los meandros abandonados, lagunas, estuarios, y océano y lagos profundos, pueden presentar compuestos ricos en materia orgánica por un tiempo más largo, especialmente si se aíslan del oxígeno y del agua, pero eventualmente se destruyen debido a la acción bacteriana. ¿Qué sucedería en ambientes similares bajo la supuesta atmósfera libre de oxígeno del Precámbrico?

Según los modelos de Oparin y de Miller, se habrían formado numerosas moléculas orgánicas en la atmósfera del Precámbrico. Estas moléculas orgánicas habrían caído al océano y se habrían mantenido en su superficie, como les pasa a los hidrocarburos que resultan de la contaminación en los océanos modernos, los cuales forman un aceite espeso en la superficie del agua. Éstos aceites envejecen y se polimerizan rápidamente para formar el betún, que comúnmente se encuentra en algunas playas en la zona intermareal y supramareal. Afortunadamente, estos agentes contaminadores bituminosos son destruidos por las bacterias bajo las condiciones atmosféricas actuales, pero no habrían sido destruidos en un ambiente libre de oxígeno como aquél postulado para el Precámbrico Inferior. Al no ser destruido habría quedado conservado en las piedras areniscas Precámbricas y las calcarenitas litorales depositadas bajo condiciones libre de oxígeno deberían contener abundante carbono orgánico. La materia bituminosa también debería ser abundante en las rocas arcillosas depositadas en ambientes intermareales y supramareales. Sin embargo, los depósitos litorales precámbricos no muestran esta alta concentración prevista de aceites bituminosos, sino que son muy similares a los sedimentos litorales formados en las condiciones actuales.²⁵

CIENCIA DE LOS ORÍGENES es una publicación del Geoscience Research Institute, en Loma Linda, California.

Esta publicación va dirigida a profesores y estudiantes de centros medios y superiores. Las Divisiones de Interamérica y Sudamérica proveen el franqueo para que llegue gratuitamente a las bibliotecas, profesores y alumnos interesados en los centros universitarios adventistas. Si estás interesado en recibirla contacta con el representante local o regional del Departamento de Educación. Las personas interesadas en recibir la publicación de manera individual deben enviar el cupón de suscripción en la última página acompañado del pago correspondiente.

GEOSCIENCE RESEARCH INSTITUTE

Director Editor
James Gibson Raúl Esperante

Consejo editorial

Roberto Biaggi, Ben Clausen, James Gibson, Ronald Nalin, Timothy Standish

Diseño y Maquetación Secretaria
Katherine Ching Carol J. Olmo

<http://www.grisda.org>
email: ciencia@grisda.org

Presencia de biotita y feldespato

Los geólogos han observado que las rocas del Proterozoico y del Fanerozoico son muy similares en la composición y mineralogía con respecto a la presencia de minerales de biotita, feldespato, y de los isótopos del carbono (C).

Los minerales de biotita y de feldespato aparecen en rocas de todas las épocas. La biotita se oxida en presencia de oxígeno, y por lo tanto debería haber sobrevivido en la supuesta atmósfera pobre en oxígeno del Proterozoico. Sin embargo, las pruebas geológicas indican que la biotita no sobrevivió mejor el Proterozoico que el Fanerozoico, cuando la atmósfera era rica en oxígeno. Los feldespatos son susceptibles a la carbonatación, un proceso de desgaste por la acción atmosférica causado por el dióxido de carbono en la atmósfera. Una atmósfera rica en este gas, según lo sugerido por algunos geólogos, debería haber eliminado la mayor parte del feldespato de las rocas Precámbricas, pero este mineral sobrevivió también.²⁶ Estas pruebas mineralógicas indican que muy probablemente las rocas Precámbricas se formaron bajo condiciones atmosféricas muy similares a las del Fanerozoico y, por tanto, a las actuales, contradiciendo así la idea de que la atmósfera Precámbrica fuese pobre en oxígeno.

Presencia de isótopos de carbono

Los paleontólogos han estado siempre interesados en encontrar las pruebas más antiguas del metabolismo de la célula, y han desarrollado técnicas sofisticadas para detectarlo en muestras de rocas antiguas. La actividad enzimática en las células deja señales bioquímicas específicas en la materia orgánica, que a veces se conservan en las rocas bajo ciertas condiciones. Los bloques constituyentes de la materia orgánica son C, S, H, O, y N, que se presentan en diversas variaciones isotópicas. Una de estas señales bioquímicas es el cociente isotópico $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ (también llamado $\delta^{13}\text{C}/\delta^{12}\text{C}$). En los seres vivos el ^{12}C prevalece sobre el ^{13}C , por lo que la materia orgánica tiende a ser pobre en ^{13}C con respecto al ^{12}C , y, por lo tanto, presenta un cociente $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ negativo. Los esfuerzos que se han hecho para encontrar moléculas orgánicas o sus rastros isotópicos en rocas Precámbricas han dado resultados polémicos y las edades obtenidas son discutibles, pero las estructuras encontradas son útiles cuando se comparan a estructuras similares en rocas más recientes. Los ejemplos abundan.

- ♦ Button²⁷ y Nagy²⁸ encontraron microfósiles de algas cocoides y verdeazuladas filamentosas en los estromatolitos dolomítico-calizos de las rocas sedimentarias del Grupo Wolkberg, en Sudáfrica. La presencia de estos microfósiles retrasaría la edad mínima para la atmósfera con oxígeno a 2600 millones de años. Los microfósiles encontrados en estas rocas sedimentarias antiguas son análogos a las algas verdeazuladas modernas, lo que indica que la complejidad bioquímica y funcional ya estaba presente muy pronto en la

supuesta evolución de la vida, cuestionando así el lento proceso de la evolución y de su modelo abiogénico para el origen de la vida.

- ♦ Dimroth y Kimberley indican que el cociente entre carbono orgánico e inorgánico es similar en las rocas sedimentarias de todas las edades, incluyendo las rocas del período Arqueano.²⁹ La constancia de los cocientes isotópicos del carbono orgánico e inorgánico encontrados en rocas sedimentarias es una indicación de la constancia relativa de la producción de oxígeno libre,³⁰ y cuestiona la idea de que la atmósfera primitiva fuese diferente a la actual.

El análisis de las rocas más antiguas indica que la atmósfera y los océanos han tenido una composición química similar desde el período Arqueano, hace unos 2.5 a 4.0 mil millones de años, según la escala de tiempo evolucionista. Por lo tanto, si las moléculas y las células orgánicas tuvieran un origen materialista, tendrían que haber surgido en condiciones ambientales no muy diferentes a la biosfera actual. Pero los geólogos saben que ese panorama es inverosímil dentro de su paradigma.

MODELOS ALTERNATIVOS: SISTEMAS HIDROTERMALES Y PROCEDENCIA EXÓGENA

Debido a que es difícil producir compuestos orgánicos utilizables y adecuados por medios naturalistas en atmósferas reductoras, neutrales u oxidantes, los científicos han explorado dos alternativas en la investigación hacia el origen de la vida: 1) la síntesis de moléculas orgánicas en emisiones hidrotermales submarinas, y 2) un origen extraterrestre para los compuestos orgánicos; cada una de estas ideas supuestamente apoyada por pruebas particulares y basadas en postulados muy improbables.

Vida surgiendo de emisiones hidrotermales

Algunos científicos suponen que las primeras moléculas orgánicas y las primeras células emergieron de las emisiones volcánicas o de los respiraderos hidrotermales en el fondo oceánico. Esta idea fue propuesta después del descubrimiento de la rica y diversa fauna asociada a los fuentes hidrotermales en el fondo del océano, la cual no depende de la luz del sol como fuente de la energía. Otros científicos indican que la vida pudo haber surgido de las charcas termales asociadas a actividad volcánica. De hecho, esta idea fue propuesta ya por Charles Darwin, quien sugirió que la vida pudo haber comenzado en una 'pequeña charca termal'.

La idea de que la vida emergió de charcas hidrotermales en zonas volcánicas se ha experimentado en el campo y los resultados fueron presentados en un simposio internacional realizado en la Royal Society de Londres en febrero del año 2006. Antes de su presentación, el profesor David indicó que

“Van para 140 años desde Charles que Darwin sugirió que la vida pudo haber comenzado en ‘una pequeña charca caliente’. Ahora estamos probando si la idea de Darwin era buena, pero lo hacemos en las ‘pequeñas charcas calientes’ asociadas a las regiones volcánicas de Kamchatka [Rusia] y del Monte Lassen [California]. Los resultados son sorprendentes y en algunos sentidos decepcionantes también. Parece que las aguas ácidas termales que contienen arcilla no proporcionan

LA OPINIÓN DEL LECTOR

En Ciencia de los Orígenes queremos oír la opinión de los lectores. Haznos llegar tus comentarios sobre los artículos publicados o tus colaboraciones para posibles artículos. Los comentarios deben ser pertinentes y breves, con un máximo de 150 palabras. Puedes utilizar nuestra página de Internet www.grisda.org para enviarnos tus contribuciones, las cuales serán evaluadas por el equipo del GRI.

las condiciones apropiadas para que los productos químicos puedan ensamblarse para formar los 'organismos pioneros'. Encontramos que ciertos compuestos orgánicos como los aminoácidos y las bases del ADN, que son los bloques constituyentes de la vida, se adhirieron fuertemente a la superficie de las partículas de arcilla en las charcas volcánicas de la región de Kamchatka. El fosfato, otro ingrediente esencial para la vida, también se adhirió a la superficie de la arcilla. Observamos lo mismo en una charca que hervía en el Monte Lassen. La razón por la que esto es significativo es que se ha propuesto que la arcilla promueve interesantes reacciones químicas conducentes al origen de la vida. Sin embargo, en nuestros experimentos, los compuestos orgánicos se adhirieron tan fuertemente a las partículas de arcilla que no podían experimentar ninguna reacción química. Además, cuando introdujimos moléculas similares a las del jabón en estas charcas, no se formaron membranas, las cuales son necesarias para formar las células."³¹

Y el profesor Deamer agregó:

"No sabemos qué hacer con esto todavía, pero estos resultados parecen eliminar algunas de nuestras ideas acerca de donde habría podido comenzar la vida. Una posibilidad es que la vida realmente comenzara en 'una pequeña charca caliente', pero no en regiones volcánicas o respiraderos hidrotermales submarinos."³²

Parece que aunque el conocimiento sobre cómo funciona el mundo esté aumentando rápidamente en muchos campos, la respuesta a cómo comenzó la vida por la Tierra sigue siendo evasiva para aquellos que sostienen un punto de vista naturalista.

Una fuente extraterrestre para la materia orgánica

Algunos científicos han desviado su atención hacia la búsqueda de pruebas de existencia de vida en rocas procedentes del espacio exterior. La relativa abundancia de materia orgánica en meteoritos y en el polvo cósmico ha suscitado el interés de algunos científicos desde que Guillermo Thomson (Lord Kelvin) propusiera la idea de que la vida en la Tierra procedió de los meteoritos, y la palabra *panespermia* fuere acuñada por el biólogo alemán Hermann Richter. Según esta hipótesis, las primeras moléculas orgánicas no se originaron en la Tierra, sino que vinieron del espacio exterior.³³ La Tabla 3 muestra algunas de las muchas moléculas orgánicas que se han detectado en los cuerpos interplanetarios.³⁴ Fue Svante Arrhenius (1859-1927), ganador del premio Nobel, quien desarrolló esta idea en un manera científica, sugiriendo que algunos microbios podrían ser lanzados al espacio circumplanetario por las fuertes tormentas, y recorrer el espacio interplanetario impulsados por la presión de la radiación (por lo tanto los cometas y los meteoritos no eran necesarios para el transporte). En los años 50 del s. XX, el astrónomo Otto Struve sugirió que ciertos seres inteligentes pudieron haber llevado vida de un planeta a otro en épocas pasadas, aunque no necesariamente con un propósito. En los años posteriores, los físicos Wickramasinghe y Hoyle encontraron lo que ellos consideraron rastros de vida en el polvo estelar, y sugirieron que la vida no sólo se originó en el espacio exterior en el pasado distante, sino también que la evolución terrestre continúa siendo conducida por la entrada de

material genético extraterrestre a través de una lluvia continua de materia orgánica e incluso de gérmenes. Se cree que algunos de los meteoritos que caen en la Tierra proceden de Marte o de la Luna³⁵ sugiriendo que la transferencia de material de ciertos cuerpos espaciales a la Tierra puede suceder regularmente. Si en esos cuerpos planetarios existe alguna forma de vida microbiana, ésta podría alcanzar la superficie de la Tierra por medio del material caído. Aunque atractiva, esta idea ha sido rechazada por la mayoría de los científicos.

Algunos meteoritos que se han encontrado en la superficie de la Tierra, en particular, el meteorito Murchison, contienen muchos de los aminoácidos que Miller obtuvo en sus experimentos de síntesis (Tabla 1). Esto ha llevado a algunos científicos a sugerir que la vida o las moléculas necesarias para iniciar la vida pudieran haber procedido del espacio exterior. Esta idea, sin embargo, se ha enfrentado con numerosos problemas desde que fue inicialmente propuesta y, aunque todavía algunos físicos y astrónomos la apoyan, ha perdido su credibilidad debido a serios inconvenientes.

- ♦ Los meteoritos que habrían caído en la superficie de la Tierra tendrían que haber sobrevivido al calor causado por la fricción con la atmósfera, y eso es posible solamente si el meteorito originalmente tenía un tamaño significativo.
- ♦ El espacio es un ambiente letal para cualquier forma de vida, porque la radiación, los rayos cósmicos y los vientos estelares alteran y/o destruyen muchas de las moléculas orgánicas, incluyendo el ADN y el ARN. No es probable que ningún microorganismo sobreviva en el polvo estelar o aún en los cuerpos meteoríticos pequeños.
- ♦ Se han señalado varios ejemplos de meteoritos con supuestas pruebas de presencia de microorganismos. Sin embargo, estas pruebas son poco sólidas y muy cuestionables y hasta ahora todos esos ejemplos se han desmentido.
- ♦ Epistemológicamente la idea de la panespermia también presenta serios problemas, puesto que no solamente no proporciona una buena explicación para el origen de la vida en la Tierra, sino que también requiere una explicación independiente para el origen de la vida en otra parte. ¿Dónde surgieron esos microorganismos que se hallan en los meteoritos? Algunos científicos afirman que dada la inmensa extensión del universo entero, es altamente probable que en alguna parte existe una cierta forma de vida (o haya existido). Sin embargo, no han proporcionado ninguna prueba científica para tal idea y el modelo carece de datos que lo apoyen, y aunque esas formas de vida extraterrestres existieran, no hay prueba de que hubiesen contribuido al origen de la vida en otros cuerpos celestiales.

UN MUNDO DE ARN

Los modelos naturalistas para el origen de las moléculas orgánicas prebióticas hacen frente a numerosas dificultades para explicar su formación en la supuesta atmósfera y océano primitivo, cualquiera que fuesen las condiciones químicas de esos ambientes. Sin embargo, el problema más serio no es la formación de los "bloques moleculares" (aminoácidos, carbohidratos, purinas,

TABLA 3

Moléculas interestelares y cometarias	Fórmulas	Monómeros resultants y algunas propiedades
Hidrógeno	H ₂	Agente reductor
Agua	H ₂ O	Disolvente universal
Amoniac	NH ₃	Catálisis y amimación
Monóxido de carbono	CO (+H ₂)	Ácidos grasos
Formaldehído	CH ₂ O	Ribosa y glicerol
Acetaldehído	CH ₃ CHO(+CH ₂ O)	Desoxirribosa
Aldehído	RCHO(+HCN y NH ₃)	Aminoácidos
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S (+otros precursores)	Cisteína y metionina
Thioformaldehído (interestelar)	CH ₂ S	Cisteína y metionina
Cianuro de hidrógeno	HCN	Purinas and aminoácidos
Cianoacetileno (interestelar)	HC ₃ N (+cianato)	Pirimidinas
Cianamide (interestelar)	H ₂ NCN	Agente condensante para la síntesis de biopolímeros
Nitrito de fósforo (interestelar)	PN	Fosfatos y nucleótidos
Fosfato (meteoritos y polvo interplanetario)	PO ₄ ³⁻	Fosfatos y nucleótidos

Tabla 3: Compuesto bioquímicos presentes en el espacio interestelar y en las cometas. Con la excepción del fosfato, todas las demás moléculas han sido detectadas en las nubes interestelares, y muchas han sido detectadas en cometas. Las moléculas que han sido detectadas solo en las nubes interestelares están indicadas con la palabra 'interestelar'. Datos obtenidos de Oró J, Miller SL, Lazcano A. 1990. *The origin and early evolution of life on Earth*. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 18: 317-56.

etc.), ni su polimerización, sino su ensamblaje en estructuras moleculares funcionales y autoreproductoras.³⁶ Aún más difícil de solucionar es el origen y la polimerización de los ácidos nucleicos ADN y ARN, los portadores de la información genética dentro de las células. Los ácidos nucleicos son largas estructuras que resultan de la compleja y ordenada polimerización de moléculas de azúcar (una pentosa), fosfato, y de purinas y pirimidinas. Cuatro purinas—adenina, guanina, hipoxantina y xantina, y una pirimidina—uracilo, se han encontrado en el meteorito Murchison (Tabla 1).³⁷ Sin embargo, estas moléculas por sí mismas son inútiles a menos que se polimericen y sirvan como portadores de información codificada. En este sentido los investigadores han encontrado muchas dificultades al intentar explicar el origen espontáneo de los ácidos nucleicos polimerizados y no se ha sugerido ningún modelo plausible.

Cualquier modelo naturalista para el origen de la vida no solamente tendría que explicar cómo fueron polimerizadas las proteínas y el ADN a partir de moléculas pequeñas, sino también cómo conectaron sus funciones por medio de un código y cual de ellas dio origen al metabolismo. Las proteínas son necesarias para hacer funcionar la información genética del ADN, y el ADN es necesario para formar las proteínas. Así pues, ¿cual fue primero? Ambas rutas necesitan un código de expresión (el código genético universal), y si se asume que trabajaron en conexión en los primeros tiempos, ¿cómo y de dónde consiguieron el código?

Sydney Altman en 1978 y Thomas R. Cech en 1981 descubrieron que un tipo particular de ARN mostraba capacidad enzimática, que es la capacidad de activar y acelerar reacciones bioquímicas. Hallaron que ciertos tipos de ARN reaccionaban como las enzimas, fragmentándose espontáneamente en dos piezas y volviendo a ensamblarse más adelante. Esta clase de ARN recibió el nombre de *ribozimas*. Bajo condiciones controladas en laboratorio, estos ribozimas eran capaces de catalizar su propia síntesis sin la acción catalítica de proteínas enzimáticas. Este hallazgo condujo a algunos científicos a imaginar un planeta en el cual la vida habría surgido de las moléculas de ARN, el llamado mundo de ARN.³⁸

¿Es esta idea de un mundo de ARN viable? Varios experimentos de laboratorio han demostrado que es posible obtener pequeños polímeros de nucleótidos por medio de catálisis no biológica, obteniendo nucleótidos similares a los naturales.³⁹ Otros experimentos han mostrado la posibilidad de obtener cadenas autoreplicantes de nucleótidos.⁴⁰ Sin embargo, estos experimentos presentan varios problemas importantes y el modelo del mundo de ARN ha sido cuestionado en su conjunto incluso por algunos de sus primeros proponentes.⁴¹ Aquí se presentan algunas de sus dificultades más significativas.

- ♦ Los compuestos utilizados en los experimentos de síntesis de ARN son nucleótidos *activados*, que son más reactivos que los naturales. Las reacciones no ocurrirían utilizando nucleótidos *normales*. En cualquier caso, el modelo del mundo de ARN tendría que explicar el origen de la sopa prebiótica de nucleótidos.
- ♦ El ácido nucleico usado en los experimentos es el ADN, que es más fácil de sintetizar que el ARN, aunque es éste el que se cree que se formó primero en el océano primitivo.
- ♦ Algunos compuestos replicadores utilizados en los experimentos se agregan en el momento apropiado durante el experimento. Es decir la autoréplica se consigue con la ayuda del científico que controla el experimento, el cual tiene que intervenir constantemente para cerciorarse de que las reacciones ocurren en el orden deseado y el proceso no colapsa antes de alcanzar una cierta etapa estable.
- ♦ El ARN se compone de ribosa (un azúcar), de una base orgánica, y de una molécula de ácido fosfórico. El proceso que produce la ribosa también genera otros azúcares, cuya presencia puede inhibir la síntesis de ARN.⁴² Además cualquier reacción primordial habría formado una mezcla de isómeros de la ribosa (variedades de la misma molécula, pero con configuraciones tridimensionales ligeramente diferentes). Esos isómeros se relacionan unos con otros pero son químicamente inequivalentes, y nunca aparecen en el ARN moderno porque los mecanismos químicos de las

células no permiten su formación. Pero en un escenario primitivo como el postulado por los científicos naturalistas esos azúcares habrían sido relativamente abundantes, resultando en la inhibición de la formación de las cadenas de ARN.⁴³

- ◆ Las cuatro bases nucleicas (adenina, guanina, citosina, y uracilo) codifican la información genética por medio del orden en el que se ensamblan a lo largo de la molécula del ARN. La adenina y la guanina se obtienen fácilmente en experimentos de laboratorio por una cascada de reacciones accionadas por luz UV. Sin embargo, algunos científicos se preguntan porqué la evolución habría seleccionado estas bases en lugar de otros compuestos similares.⁴⁴
- ◆ El modelo naturalista del mundo de ARN debe explicar porqué el fósforo, un elemento raro en la naturaleza, es un componente esencial del ARN. Yamagata et al. han encontrado polifosfatos en emisiones volcánicas, lo cual ha sido ligado al origen de las primeras moléculas orgánicas.⁴⁵ Sin embargo los polifosfatos se hidrolizarían (romperían) espontáneamente en el agua para formar fosfatos insolubles, que se precipitarían al fondo marino para formar rocas sedimentarias.
- ◆ Debemos también considerar la probabilidad extremadamente baja de formación espontánea de enzimas y de ARN. El modelo del mundo de ARN requiere la síntesis espontánea de nucleótidos a partir de componentes más simples y de su polimerización subsecuente en una secuencia significativa, todo eso en un ambiente acuoso, en el cual predomina la hidrólisis –reacción opuesta a la polimerización. ¿Cómo se originó entonces inicialmente el ARN? El ARN no es fácil de sintetizar en experimentos de laboratorio, ni siquiera bajo condiciones controladas, menos aún en las supuestas condiciones oceánicas prebióticas.

CONCLUSIONES

Los científicos evolucionistas tratan de explicar el origen de la vida por medio de modelos especulativos naturalistas, basados en presuposiciones materialistas para el universo, la Tierra, y la vida en ella. En estos modelos se especula sobre la composición inicial de la atmósfera, de los océanos primitivos y de las condiciones físicas de la Tierra en general. Muchos han intentado reproducir las condiciones hipotéticas en la Tierra primitiva que habrían podido conducir al origen espontáneo de células vivas. Han procurado reconstruir artificialmente la vida en una “sopa primitiva” donde estuvieran presentes todos los componentes orgánicos necesarios. Pero para hacer eso, tienen que probar que la materia inorgánica podría producir esa “sopa orgánica primi-

tiva”. Por lo tanto, es necesario *asumir* las condiciones del océano y de la atmósfera en la Tierra primitiva, hace unos 4000 millones de años, según la cronología evolucionista. También es necesario *imaginar* los posibles escenarios para la síntesis de moléculas orgánicas complejas, moléculas autoreplicantes con información genética, y así como para la agregación de moléculas orgánicas múltiples en las células autónomas.

Para explicar el aspecto inorgánico de los primeros organismos, Oparin, Miller y otros sugirieron una atmósfera reductora (libre de oxígeno) durante por lo menos el Precámbrico Inferior. Estos organismos habrían sido procariotas unicelulares, viviendo muy probablemente en microambientes aislados en el océano. Algunos experimentos realizados para simular la formación de la materia orgánica a partir de compuestos inorgánicos se han basado en modelos de océanos y atmósferas fuertemente reductores con metano y amoníaco, en lugar de CO₂, O₂ y N₂. Otros han sugerido una atmósfera intermedia con CO₂ y N₂.⁴⁶ Sin embargo, aunque desde un punto de vista químico el modelo de atmósfera reductora es atractivo, carece virtualmente de apoyo entre los científicos debido a la ausencia de pruebas biogeoquímicas en las rocas y de las contradicciones con la presencia de fósiles en las rocas antiguas. Estos fósiles representan organismos complejos que no se habrían desarrollado en atmósferas reductoras. Si las primeras moléculas orgánicas surgieron de materia inorgánica en el amanecer de la vida, entonces debemos poder encontrar la pruebas del contenido orgánico en las rocas precámbricas. Sin embargo, las rocas precámbricas son muy similares al resto de las rocas de la columna sedimentaria, incluyendo el contenido orgánico. Esto no es lo que esperaríamos si la atmósfera precámbrica hubiese carecido de oxígeno.

Las diversas propuestas sugieren *escenarios* diversos que incluyen el cosmos, la panspermia, las partículas de polvo interestelares, el hielo cometario, el océano primitivo, un lago pequeño, una charca, grietas de las rocas, y las fuentes o respiraderos termales en los fondos oceánicos. Los evolucionistas también se preguntan qué *fuerza de energía* estuvo disponible para el origen naturalista de la materia viva, y han sugerido que aquella pudo proceder de descargas eléctricas en la atmósfera, luz UV del sol, energía geotérmica, volcanismo, o cambios de temperatura. A la cuestión de *qué clase de Tierra primitiva*, los evolucionistas se distinguen entre aquellos que creen que la atmósfera era reductora u oxidante, los continentes completamente cubiertos por el océano o parcialmente expuestos, y con una corteza sobre mayormente basáltica o arcillosa. A la pregunta sobre el *tipo de sistemas redox* utilizados en las reacciones primitivas de las células tampoco tienen ninguna respuesta definida, con sugerencias que van desde la asociación hierro-fotones, oxígeno-agua, y la asociación sulfuro de hierro y sulfuro de hidrógeno. ¿Qué *enzima* catalizó la formación de los primeros polímeros de las proteínas y de los nucleótidos? Según algunos experimentalistas, el ARN fue tanto el primer polímero y la primera enzima, otros creen que los sedimentos y los minerales de la arcilla accionaron las reacciones bioquímicas; otros sugieren que los oligopéptidos aceleraron las reacciones químicas complejas, y otros se preguntan si el modelo del ARN no es parecido al dilema de si fue primero el huevo o la gallina.

¿ESTÁS INTERESADO EN RECIBIR CIENCIA DE LOS ORÍGENES DIRECTAMENTE EN TU COMPUTADORA?

Si estás interesado solamente tienes que enviar un email a info@grisda.org.

Se han propuesto muchos modelos para el origen naturalista de la vida y se han llevado a cabo numerosos experimentos para obtener proteínas y ADN en condiciones controladas de laboratorio. Los resultados varían, pero hasta ahora solamente se han obtenido cadenas al azar de aminoácidos (llamados “proteinoideas”) y de ácidos nucleicos modificados y no funcionales. Estos experimentos han demostrado que se pueden producir moléculas orgánicas simples, así como algunas macromoléculas, proteínas y ácidos nucleicos bajo condiciones *controladas* de laboratorio. Después de varias décadas de experimentos, el acercamiento constructivista que busca proporcionar un probable modelo naturalista para el origen de la vida ha alcanzado ya el límite en sus posibilidades. Todos estos experimentos intentan aplicar observaciones químicas en el presente a los escenarios del pasado, pero carecen de fundamento científico que los avale. Como dijo Horgan, “Incluso si los científicos pudiesen crear algo en el laboratorio con propiedades similares a la vida, todavía tendrían que preguntarse: ¿es así como ocurrió originalmente?”⁴⁷

Los científicos evolucionistas intentan demostrar que el origen abiogénico o inorgánico de la vida es altamente probable y que la evolución darwiniana es un hecho. Pero estos experimentos muestran lo contrario, revelando las abrumadoras dificultades que existen en el postulado de que la vida se pudiese originar de los materiales inertes. También muestran que incluso los resultados más simples se pueden lograr solamente bajo condiciones controladas, lo que indica que un diseñador inteligente debe estar implicado.

En este sentido, la alternativa de la acción sobrenatural de Dios creando el universo, la Tierra y la vida en ellos cobra mucho sentido.

REFERENCIAS

- Oparin AI. 1938. *Origen de la vida*. Mexico DF: Editores Mexicanos Unidos. 112 pp.
- Urey H. 1952. On the early chemical history of the Earth and the origin of life. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 38:351-63.
- Miller S. 1953. A production of amino acids under possible primitive Earth conditions. *Science* 117:528-9.
- Orgel LE. 1994. The origin of life on the earth. *Scientific American*: 77-83.
- McClendon JH. 1999. The origin of life. *Earth-Science Reviews* 47: 71-93.
- Dose K. 1988. The origin of life. More questions than answers. *Interdisciplinary Science Reviews* 13:348-56.
- Weber AL, Miller SL. 1981. Reasons for the occurrence of the twenty coded protein amino acids. *Journal of Molecular Evolution* 17:273-84.
- Miller S. 1992. The prebiotic synthesis of organic compounds as a step toward the origin of life. In *Major events in the history of life*, ed. JW Schopf, pp. 1-28. United States: Jones and Bartlett Publ.: Boston, MA, United States.
- Danchin A. 1988. El origen de la vida. *Mundo Científico* 8:934-42.
- Ibid.
- Aguilera JA. 1992. Luces y sombras sobre el origen de la vida. *Mundo Científico* 13:508-19.
- Esto es una forma de razonamiento circular: partiendo de un marco evolucionista, asumieron que las plantas fotosintetizadoras no habían aparecido aún sobre la tierra, y como consecuencia postularon que la atmósfera estaba libre de oxígeno.
- Tian F, Toon OB, Pavlov AA, De Sterck H. 2005. A hydrogen-rich early Earth atmosphere. *Science* 308:1014-7.
- Ibid.
- Catling DC. 2006. Comment on “A hydrogen-rich early Earth atmosphere”. *Science* 311.
- Chyba CF, Thomas PJ, Brookshaw L, Sagan C. 1990. Cometary delivery of organic molecules to the early earth. *Science* 249:366-73.
- Ibid.
- Ohmoto H. 1996. Evidence in pre-2.2 Ga Paleosols for the early evolution of atmospheric oxygen and terrestrial biota. *Geology* 24: 1135-8.
- Brinkman RT. 1969. Dissociation of water vapor and evolution of oxygen in the terrestrial atmosphere. *Journal of Geophysical Research* 74:5355-68.
- Dimroth E, Côté R, Provost G, Rocheleau M, Tassé N, Trudel P. 1975. Preliminary report on stratigraphic and tectonic work in Rouyn-Noranda area. *Quebec Department Natural Resources Open File Report*: 40.
- Los geólogos utilizan el término Reciente para referirse a los últimos 11 500 años de la historia del planeta Tierra, según la escala cronológica evolucionista.
- Berner RA. 1970. Sedimentary pyrite formation. *American Journal of Science* 268:1-23.
- Dimroth E, Kimberley MM. 1976. Precambrian atmospheric oxygen; evidence in the sedimentary distributions of carbon, sulfur, uranium, and iron. *Canadian Journal of Earth Sciences* 13:1161-85.
- Ibid.
- Van Andel TH. 1964. Recent marine sediments of the Gulf of California. In *Marine Geology of the Gulf of California*, ed. TH Van Andel, GG Shor, pp. 216-310: American Association of Petroleum Geologists.
- Dimroth y Kimberley 1975, 1976.
- Dimroth y Kimberley 1976.
- Button A. 1973. Algal stromatolites of the early Proterozoic Wolkberg Group, Transvaal Sequence. *Journal of Sedimentary Research* 43: 160-7.
- Nagy LA. 1975. Comparative micropaleontology of a Transvaal stromatolite (approximately 2.3 x 10 (super 9) y. old) and a Witwatersrand carbon seam (approximately 2.6 x 10 (super 9) y. old). *Abstracts with Programs - Geological Society of America* 7:1209-10.
- Dimroth y Kimberley 1975.
- Watanabe Y, Naraoka H, Wronkiewicz DJ, Condie KC, Ohmoto H. 1997. Carbon, nitrogen, and sulfur geochemistry of Archean and Proterozoic shales from the Kaapvaal Craton, South Africa. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61:3441-59
- Según lo divulgado por la Royal Society of London en su página de Internet, <http://royalsociety.org/news?asp=&id=4254>. Consultado el 28 Diciembre 2007. El jabón presenta un alto contenido en lípidos y grasas que al solubilizarse en aguas termales forman pequeñas burbujas o membranas. Algunos científicos proponen que esas membranas pudieron actuar de precursoras de las complejas membranas celulares. Sin embargo, las observaciones aquí presentadas niegan tal posibilidad.
- Ibid.
- Anders E. 1989. Pre-biotic organic matter from comets and asteroids. *Nature* 342:255-7
- Oró J, Miller SL, Lazcano A. 1990. The origin and early evolution of life on Earth. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 18:317-56.
- Se ha sugerido que los fuertes impactos que ocurren en esos planetas podrían expulsar pedazos de roca de la superficie hacia el espacio exterior,

- los cuales viajarían distancias interplanetarias y finalmente caerían en otros planetas, incluyendo la Tierra.
36. Aguilera 1992.
 37. McClendon 1999.
 38. Gilbert W. 1986. The RNA world. *Nature* 319:618.
 39. Ferris JP, Ertem G. 1993. Montmorillonite catalysis of RNA oligomer formation in Aqueous-solution -A model for the prebiotic formation of RNA. *Journal of the American Chemical Society* 115:12270-5.
 40. Li T, Nicolaou KC. 1994. Chemical self-replication of palindromic duplex DNA. *Nature* 369:218-21.
 41. Una excelente revisión de los problemas en presenta el modelo del mundo de ARN se encuentra en Mills GC, Kenyon D. 1996. The RNA world: a critique. *Origins & Design* 17:9-14.
 42. Horgan J. 1991. En el principio... *Investigación y Ciencia*: 80-90.
 43. Waldrop MM. 1989. Did life really start out in an RNA world? *Science* 146: 1248-9.
 44. Ibid.
 45. Yamagata Y, Watanabe H, Saitoh M, Namba T. 1991. Volcanic production of polyphosphates and its relevance to prebiotic evolution. *Nature* 352:516-9 La hidrólisis o la ruptura química de los polifosfatos en las aguas oceánicas, lacustres, o fluviales sería favorecida por el hecho de que el agua está infrasaturada en fosfatos.
 46. Chyba y Sagan 1996.
 47. Horgan 1991.

ABIÓGÉNESIS Y EXOBIÓGÉNESIS

Raúl Esperante, PhD

Geoscience Research Institute, Loma Linda, California

Las hipótesis actuales sobre el origen de la vida en la tierra se pueden resumir en dos términos: abiogénesis y exobiogénesis.

La **abiogénesis** es la idea de que la vida en la tierra se originó por la combinación fortuita de moléculas orgánicas simples que a su vez emergieron de reacciones químicas entre moléculas inorgánicas. El científico ruso Oparin fue el primero en formular esta idea usando términos científicos en los años treinta del siglo XX, y fue seguido por la mayoría de los geólogos y de los biólogos durante el siglo XX. En 1952, Miller diseñó unos experimentos para probar la viabilidad del modelo de Oparin para el origen inorgánico de la vida.

- ◆ La **exobiogénesis** es la idea de que la vida en la tierra o sus moléculas constituyentes vinieron del espacio exterior. Exobiología es un término que se refiere al estudio y a la distribución de las formas de vida en el universo. Se puede hablar de tres clases de exobiogénesis:
 - ◆ La llegada a la tierra de moléculas orgánicas simples y esenciales;
 - ◆ La llegada a la tierra de moléculas orgánicas complejas, y
 - ◆ La llegada a la tierra de organismos completos, que se habrían originado

en alguna otra parte. Esta idea se llama *panespermia*.

Puesto que los cometas, los asteroides carbonatados y el polvo interplanetario son relativamente ricos en moléculas orgánicas, algunos científicos especulan que estos materiales habrían podido contribuir al contenido orgánico prebiótico terrestre, y explican así el origen de la vida en la tierra. La idea de la exobiogénesis se presentó después de que los científicos se dieran cuenta de la carencia de pruebas para la generación espontánea en la tierra de las moléculas orgánicas complejas que pudieran formar las células vivas.

Algunos partidarios del modelo de exobiogénético son Enrique Fermi, el premio Nobel que diseñó y desarrolló la primera bomba atómica en los E.E.U.U., el biofísico-húngaro y también premio Nobel Leo Szilard, los astrofísicos Fred Hoyle y Chandra Wickramasinghe, Francis Crick, quien fue premio Nobel y co-descubridor del ADN como molécula principal de la herencia, el biólogo investigador en el Salk Institute Leslie Orgel, el astrofísico de la NASA Joan Oró, y muchos otros. Francis Crick y Leslie Orgel incluso creyeron que la vida en la tierra se originó con los microorganismos enviados en cohetes procedentes de otro planeta en nuestra galaxia, idea que llamaron "Panespermia dirigida".

La idea de la exogénesis hace frente a problemas importantes.

- ◆ La carencia de cualquier evidencia directa de que la exobiogénesis ha realmente ocurrido alguna vez en la tierra. Las ideas de la exobiogénesis y de la panespermia son pura especulación.
- ◆ La probabilidad extremadamente baja de que la vida extraterrestre fuera compatible con los ambientes naturales en la tierra.
- ◆ La probabilidad excesivamente baja de que las moléculas o las células extraterrestres sobrevivieran millones de años en el ambiente del espacio que es extremadamente hostil a la vida. La severa radiación de rayos cósmicos, ultravioleta y rayos X habría destruido cualquier célula viva que vagara por el universo.

Por décadas los científicos han sido incapaces de proponer una explicación probable para el origen naturalista de la vida. Ahora muchos han decidido enviar este insuperable problema al espacio. Sin embargo, eso no ha solucionado el dilema.

EL METEORITO MURCHISON

El principal objetivo de los científicos naturalistas que estudian cómo emergió la vida en la Tierra es encontrar el origen de la variedad de moléculas orgánicas que se requieren para construir las moléculas complejas que hacen funcionar las células. Los científicos se preguntan si un bombardeo meteorítico sobre la tierra habría podido aportar esas moléculas orgánicas esenciales. Una forma para contestar esta pregunta es estudiar la composición química de los meteoritos.

El meteorito Murchison es un meteorito que cayó en 1969, a unos 100 kilómetros al norte de Melbourne, Australia. El análisis de muestras interiores de la roca mostró presencia de aminoácidos. Algunos de esos aminoácidos están presentes en la Tierra pero otros no. Más de cincuenta de los aminoácidos encontrados en el meteorito no están presentes en la Tierra. Pero los científicos se preguntan si

esos aminoácidos estaban en el meteorito antes de entrar en la órbita de la tierra o se formaron después de que cayera la roca.

La composición química de este y otros meteoritos ha sido desafiada por algunos científicos que aseguran que las rocas muestran indicios de contaminación durante su manejo y almacenamiento. Incluso los meteoritos que se han manejado y almacenado cuidadosamente pueden aparecer contaminados en un cierto plazo. El problema real es discernir si un meteorito se ha contaminado o no.

Para una revisión del estado de la investigación sobre el meteorito Murchison y del problema de la contaminación, ver la página de Internet de la revista *Astrobiology Magazine* titulada "Murchison's amino acids: tainted evidence?" en <http://www.astrobio.net/news/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=375>.

COMENTARIO DE ACTUALIDAD CIENTÍFICA

Humanos Pequeños con Aspecto Arcaico

Publicación original. Berger LR, Churchill SE, De Klerk B, Quinn RL. 2008. *Small-bodied humans from Palau, Micronesia*. PLoS ONE 3/3:e1780. doi:10.1371/journal.pone.0001780.

El descubrimiento. El archipiélago de Palau está situado en el Océano Pacífico, aproximadamente a unos 600 kilómetros al este de las Islas Filipinas y al norte de Papúa-Nueva Guinea. En 2006, una exploración preliminar de dos cuevas en islas más pequeñas del archipiélago llevó al Dr. Lee Berger al descubrimiento de numerosos restos esqueléticos humanos, conservados en la superficie de los depósitos de la cueva. Las subsiguientes expediciones, que incluyeron la excavación arqueológica de un cuadrado pequeño de prueba de dimensiones 1m x 1m y 50 centímetros de profundidad, rindió una gran cantidad de material óseo de varias decenas de individuos.

Los elementos esqueléticos asociados eran muy raros y los restos recuperados de seres humanos parecían estar alterados y redepositados, posiblemente por erosión y redeposición de los depósitos de la cueva durante tormentas. Algunos restos de una especie de cangrejo de tierra moderno son también ubicuos en los depósitos, y este organismo pudo haber contribuido por medio de la bioturbación del sedimento a la movilización post mortem del conjunto de los fósiles.

El material esquelético extraído de diferentes niveles en la excavación de prueba fue datado a través del método de radiocarbono. Las edades obtenidas muestran que, a pesar de la bioturbación (perturbación) de los sedimentos, el orden estratigráfico de los depósitos

se mantiene y que el esqueleto puede ser aproximadamente de entre 940 y 2890 años calibrados antes del Presente. Los especímenes de mayor edad tienen un tamaño de distribución compatible con una población de cuerpos pequeños de *Homo sapiens*, cuyo promedio de masa corporal de adulto se estima en unos 30-50 kg. Parece ser que los individuos de esta población poseían una serie de rasgos morfológicos (como el cerebro de tamaño pequeño, tori supraorbital ampliada, y ausencia de barbilla), que suelen considerarse primitivos en el género *Homo*.

Berger y sus colegas interpretan el pequeño tamaño del cuerpo de los fósiles humanos de la isla de Palau como resultado del enanismo insular similar al observada en otros entornos de la isla tropical del sudeste de Asia. En este contexto, los autores del documento explican la existencia de características arcaicas esqueléticas como aspectos derivados del desarrollo de un tamaño corporal pequeño en poblaciones pigmoides.

Comentario. Los fósiles de cuerpos humanos pequeños de la isla de Palau representan un ejemplo dramático de la plasticidad morfológica. Los rasgos peculiares de esta población sugieren que ciertas modificaciones fenotípicas de elementos del esqueleto pueden ser desencadenadas por condiciones ecológicas y ambientales específicas en breve tiempo y sin que necesariamente se generen nuevas especies. La aparición de rasgos arcaicos esqueléticos en la isla de Palau muestra cómo algunos atributos morfológicos, a menudo considerados suficientes como para discriminar entre linajes filogenéticos, pueden reflejar adaptaciones a las condiciones ecológicas

dentro de la variabilidad de la misma herencia genética. Se han interpretado la forma del cuerpo y las características morfológicas de los demás restos humanos que parecen ser diferentes de las poblaciones humanas modernas (como Neandertales y antiguos seres humanos anatómicamente modernos de Israel) como adaptaciones generales a determinados regímenes climáticos. El ejemplo de los humanos de Palau ilustra las limitaciones de un enfoque taxonómico basado únicamente en la morfología, debido a que la variabilidad observada en los restos humanos podría ser simplemente el registro de las diferentes adaptaciones del mismo grupo o reflejar ciertas divisiones genéticas.

Es probable que el estudio de los fósiles Palau también tenga un impacto sobre la interpretación de los restos recientemente descubiertos del llamado *Homo floresiensis*. El esqueleto incompleto de *H. floresiensis*, excavado en una cueva en la isla de Flores, está datado en aproximadamente 18 000 años, y se le atribuye a una persona de 1 m de estatura. Este hallazgo paleontológico y su interpretación son actualmente objeto de un agrio debate en comunidad científica, con algunos investigadores proponiendo que el *H. floresiensis* es una especie humana distinta y otros argumentando que se trata de un humano moderno con rasgos patológicos perteneciente a una población afectada por enanismo insular. Los partidarios de esta segunda teoría tendrán ahora un argumento más fuerte después del descubrimiento de los restos humanos de Palau.

Ronald Nalin, PhD,
Geoscience Research Institute

JORNADAS DE CREACIÓN, EVOLUCIÓN Y EDUCACIÓN 2008 EN ARGENTINA

Por Mag. Marcos Paseggi y Dr. Roberto E. Biaggi

Universidad Adventista del Plata, Argentina

Educación en la Universidad Adventista del Plata (UAP), Entre Ríos, Argentina. Organizado conjuntamente por el Geoscience Research Institute (GRI), de Loma Linda, California, el Instituto de Investigaciones en Geociencia, sede sudamericana (en la UAP), y los departamentos de Educación de la Unión Austral y de la División Sudamericana de la IASD, el encuentro contó con casi 350 docentes adventistas provenientes de Argentina, Uruguay y Paraguay y numerosos asistentes de la localidad y alrededores, y se desarrolló bajo el lema “Un foro para dialogar sobre la fe y la razón y su impacto sobre la educación” (Foto 1).

Durante los cuatro días del evento, se realizaron más de 25 presentaciones incluyendo varias conferencias plenarias a cargo de especialistas locales, así como de miembros del Geoscience Research Institute, de Loma Linda, California (Foto 2). Entre estos últimos, el encuentro contó con la presencia del Dr. L. James Gibson, director del GRI, que presentó conferencias tales como “Dios y la naturaleza: una aproximación bíblica a los orígenes”, “Una visión creacionista de la especiación y el cambio en las especies” y “La integración de la fe y la razón en la enseñanza de la biología”; el Dr. Raúl Esperante, que disertó sobre el registro fósil, la evolución teísta y sus diferencias con la cosmovisión bíblica, y el proceso que utilizan los científicos para pasar de los datos a las conclusiones; y el Dr. Ronald Nalin, que presentó las confer-

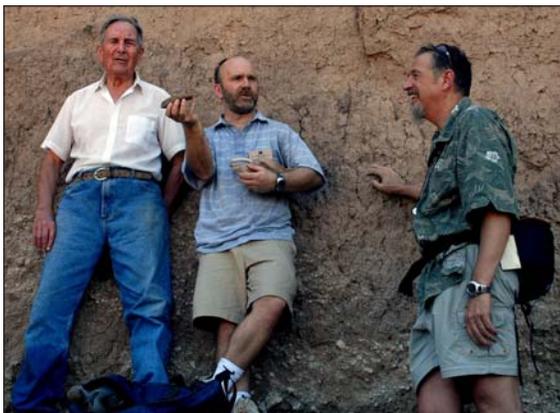


Foto 1. Tres de los conferenciantes de este evento, desde la izquierda: el Prof. Carlos Steger, anterior director del GRI-sede UAP, el Dr. Raúl Esperante, paleontólogo e investigador en el GRI-Loma Linda, y el Dr. Roberto Biaggi, paleontólogo y actual director del GRI-sede UAP.

encias plenarias “Rastros de las glaciaciones en el registro geológico” y “Grandes provincias ígneas. Evidencia de actividad volcánica excepcional en la historia de la Tierra”. Asimismo, el Dr. Esperante ofreció una conferencia especial para un grupo de docentes, profesionales y miembros de la comunidad de Libertador San Martín, en la que presentó los resultados de sus fascinantes investigaciones con ballenas fósiles en estratos del Neógeno del desierto costero del sur de Perú.

Los docentes e investigadores locales se ocuparon mayormente de realizar aproximaciones científicas al tema desde las diversas áreas de su especialidad. Entre ellos, el evento contó con la participación del Dr. Roberto E. Biaggi, director del Instituto de Investigaciones en Geociencia (GRI sede sudamericana) de la Universidad Adventista del Plata, que tuvo a su cargo las presentaciones “Evidencias de diseño inteligente en las apariencias de los organismos” y “Sobre el catastrofismo geológico”; la Dra. Heidi Schulz, que disertó sobre “Los genes: ¿la clave de lo que somos?”; y el Dr. René Smith, que tuvo a su cargo la presentación “El nihilismo pedagógico en la teoría de la evolución”. En el área específica de aplicación a la educación, también se escucharon presentaciones sobre la influencia del darwinismo sobre la educación (a cargo del Lic. Juan Carlos Priora), el pensamiento complejo, la evolución y la educación cristiana (por el Lic. Marcelo Falconier), y el diagnóstico de aprendizaje del concepto de los orígenes en alumnos de centros educativos adventistas (los resultados de un trabajo de campo a cargo de la Mag. Silvia Schimpf). Asimismo, los asistentes pudieron disfrutar de



Foto 2. El grupo de participantes escuchando una breve conferencia en un afloramiento de rocas cercano a la UAP. Los asistentes al evento tuvieron la oportunidad de examinar de cerca las capas sedimentarias que se muestran en el corte producido por la erosión del río. Estas capas de sedimentos fueron depositadas en el fondo del océano que antiguamente cubría esta región de Sudamérica. En ellas se hallan numerosos fósiles de vertebrado e invertebrados marinos. Especial atención se prestó a las capas de fósiles de bivalvos, que muestran una deposición catastrófica de muchos organismos, quizá producida por una tormenta marina.

varias presentaciones sobre aspectos históricos y literarios de la problemática a cargo de profesores de la UAP: Dr. Víctor Armenteros, Mag. Marcos Paseggi, Dr. Carmelo Martínez, y el Prof. Carlos F. Steger, ex director del Instituto de Investigaciones en Geociencia, sede sudamericana. A su vez, el Lic. Daniel Blanco abordó en su presentación desde la perspectiva de la filosofía de la ciencia, aspectos importantes de la estructura de la teoría de la evolución por selección natural.

Además de las actividades y discusiones académicas, durante uno de los días de las jornadas se realizó una expedición exploratoria a los arroyos cercanos (Foto 3). Cabe destacar que el campus de la Universidad Adventista del Plata y sus alrededores se encuentran asentados sobre numerosos estratos de sedimentos de origen mayormente marino, por lo que no es raro hallar especies marinas fósiles en las laderas y acantilados de los diversos arroyos que rodean la zona. Un grupo de más de 200 participantes, compuesto en su mayor parte por docentes de los colegios secundarios y universitarios de las instituciones adventistas de la región, tomó parte de esta expedición, donde además de buscar y comparar los restos fósiles de numerosos

(continúa en p. 14)

GENOMAS, GENES Y ADN BASURA

Por el Dr. Timothy G. Standish

Una revolución está ocurriendo en la manera cómo se entienden los genomas de los organismos. Uno de los progresos más sorprendentes es el inesperado hallazgo de que el número de genes en los genomas es pequeño. Se pensaba que un genoma que codificara para algo tan complejo como un ser humano debería estar constituido por unos 100.000 genes;¹ o quizá más. Sin embargo, desde la publicación del genoma humano² parece como si los humanos tuvieran casi el mismo número de genes que los organismos más simples –como los gusanos nematodos– probablemente menos de una cuarta parte de las estimaciones anteriores.

Esta nueva idea acerca del número de genes en los genomas ha agravado un pro-

blema que ya fue presentado por la anterior generación de científicos: si hay tan pocos genes, ¿por qué los seres humanos y muchos otros organismos tienen tanto ADN en sus genomas? Se decía que solamente el 3% de los 3 mil millones de nucleótidos en el genoma humano codificaba realmente para producir proteínas. Así, la mayoría de nuestro genoma codificaba para nada, o al menos eso parecía. Este ADN que no codifica proteínas fue calificado con rechazo como “ADN basura”, y algunos prominentes Darwinistas y sus seguidores se subieron al carro del “ADN basura” afirmando que era exactamente lo que predice el proceso de evolución darwiniana.³

Aunque mejor, pero de ninguna manera cerca de ser completo, el conocimiento de los

genomas ha aumentado y los genomas parecen ser mucho más elegantes de lo que originalmente se apreció y se predijo por algunos Darwinistas. Este evidente diseño en los genomas se puede acomodar de la misma manera que son acomodados por el Darwinismo los otros indicios de diseño, llamándole diseño “aparente” más bien que diseño verdadero. No obstante, el descubrimiento de función en el “ADN basura” cuestiona la contribución más importante de Richard Dawkins a la teoría evolutiva, la hipótesis del “gen egoísta”.⁴ Además, las explicaciones naturalistas parecen menos capaces de explicar los sistemas de control en los genomas que los productos de los genes en forma de proteínas. Si el Darwinismo explica la funcionalidad del “ADN basura” del mismo modo que explica la carencia de función en el ADN, entonces es razonable concluir que por lo menos en algunos casos tanto predice todo como explica nada.

Uno de las preguntas más importantes que surgen del asombrosamente pequeño número de genes en seres humanos y otras criaturas “más elevadas” es, ¿de dónde proceden todas las proteínas? De acuerdo con la vieja idea sobre los genes, cada gen codifica una proteína. Éste es el concepto de “un gen, una enzima” por el cual Beadle y Tatum recibieron el premio Nobel en medicina en 1958.⁵ Debido a que los seres humanos producen más de 100.000 proteínas y parece haber menos de 25.000 genes,⁶ al menos algunos genes deben ser capaces de producir más de una sola proteína. Un mecanismo para hacer esto es similar al mecanismo que se conoce para la generación de las proteínas de la inmunoglobulina (los anticuerpos).⁷ En este mecanismo, ciertos segmentos diferentes del ADN que codifica proteínas se pueden ensamblar juntas de diversas maneras para hacer literalmente miles de millones de proteínas diversas de anticuerpos. Se sabe que algunos mecanismos similares operan en otros genes, aunque no se conoce ninguno que sea capaz de producir las millones de variaciones logradas por el sistema genético que genera los anticuerpos.

La mayoría de los genes en los seres humanos y otros eucariotas (así como algunos genes en procariontes) se componen de segmentos de ADN llamados “exones” separados por segmentos llamados “intrones”. Cuando se va a producir una de las proteínas codificadas por el gen, lo primero es hacer una copia (transcripción) del ADN del gen. Entonces este

(Continuación de la p. 13)

bivalvos, pudieron escuchar las explicaciones eruditas sobre los estratos geológicos y la sedimentación de fósiles en la región a cargo de los Dres. Biaggi, Esperante, Nalin y del Prof. Carlos Steger.

Destacamos que cada día de las jornadas comenzó con una reflexión temática a cargo de varios expositores, el Dr. Víctor Armenteros, el Pr. Néstor Alberro, el Lic. Daniel Blanco, y el Dr. Pedro Tabuenca, quienes nos hicieron pensar en la importancia de la adoración al Creador, de la educación de las mentes en la verdad, y del valor de la redención y restauración de las especies en el mundo actual y el futuro.

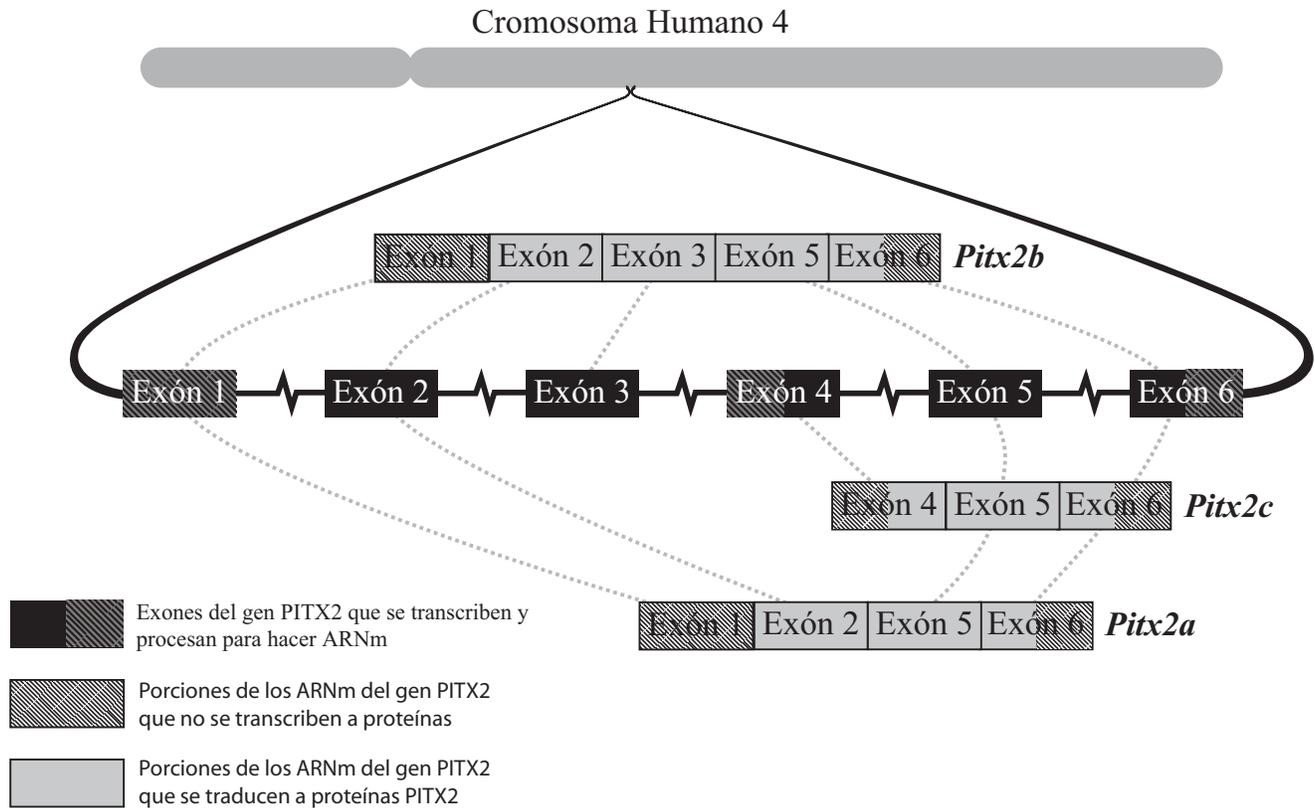
Una de las sesiones incluyó presentaciones de varios libros y materiales educativos

preparados por ACES (Asociación Casa Editora Sudamericana) para beneficio de la docencia en los diferentes niveles de educación de las instituciones educativas en la Unión Austral. Un evento de particular interés fue la dedicación y presentación del nuevo libro del Dr. Leonard Brand (Loma Linda University, California), titulado: “En el principio... La ciencia y la Biblia en la búsqueda de los orígenes”, recién salido de la imprenta, en una edición conjunta de la Universidad Adventista del Plata y ACES. Agradecemos a la Unión Austral que hizo posible que cada participante del evento pudiese recibir una copia de este valioso libro, y al GRI que donó una copia del mismo para cada una de las instituciones educativas del territorio de la Unión Austral.

Los participantes expresaron su aprecio por esta iniciativa y llegaron al fin del evento no solo con nuevos conocimientos sobre la materia sino también con la adquisición de nuevas herramientas que los ayudarán a seleccionar los argumentos y propuestas científicas y a evaluar las afirmaciones de la ciencia a la luz de las Sagradas Escrituras. Asimismo, recibieron pautas y consejos sobre cómo transmitir diversos aspectos de este apasionante tema a los estudiantes de las diversas instituciones adventistas de la Argentina, Paraguay y Uruguay.



Foto 3. El grupo de asistentes al evento posa juntamente con los ponentes y conferenciantes. La mayoría de los asistentes eran profesores de primaria y secundaria de escuelas adventistas, aunque también había administradores, estudiantes universitarios, y otros interesados.



El gen humano PITX2 se compone de 6 exones separados por 5 intrones. Se obtienen varias proteínas de este mismo gen al ensamblar diferentes exones que se expresan en ARN transcritores de PITX2 con puntos de inicio de transcripción y traducción diferentes. En esta ilustración, los exones e intrones no están representados a escala. En el gen real, los exones varían significativamente en tamaño y los intrones componen la mayor parte del gen. Los ARNm para PITX2A, B y C se muestran después de haber eliminado los intrones y el ARN.

ARN transcrito se procesa para quitar los intrones y ensamblar los exones contiguamente en una molécula de *ARN mensajero* (ARNm). Es el ARNm el que lleva la información fuera del núcleo de la célula a las factorías productoras de proteínas llamadas *ribosomas*, las cuales traducen la información del ARNm a una proteína específica. El ensamblaje de diferentes exones permite la formación de diversos ARNm resultando en la producción de una diversidad de proteínas.

El gen PITX2 del ser humano ilustra como funciona el procesamiento del ARNm para crear varias proteínas diferentes a partir de un solo gen. PITX2 está compuesto de seis exones separados por cinco intrones (Figura 1). Al juntar los exones 1, 2, 5 y 6, se crea el ARNm para una versión del PITX2 llamado “IsoformaA”, o PITX2A. Al juntar los exones 1, 2, 3, 5 y 6 se hace el ARNm para el PITX2B, y los exones 4, 5 y 6 codifican para el PITX2C. La proteína resultante del PITX2 desempeña un papel en el desarrollo adecuado de la cabeza, los ojos y otros órganos por medio de

su unión al ADN y la influencia sobre la producción de otros genes.⁸ El terminal C del PITX2 que se une al ADN está codificado en los exones 5 y 6, de modo que todas las formas de PITX2 se unen a ADN.⁹ Si se cambian ciertas partes de la proteína hacia el terminal N del gen eso presumiblemente impactará la manera como el PITX2 interacciona con otras moléculas.¹⁰

Las variaciones de la proteína del PITX2 son en realidad más complejas que esto. Mientras que las isoformas A, B y C están ampliamente distribuidas entre los animales vertebrados, una cuarta variación, PITX2D, sólo se encuentra en humanos.¹¹ Tanto el PITX2C como el D están hechos de un ARN transcrito que comienza en medio del gen del PITX2, pero en el ARNm del PITX2D se elimina una porción del exón 4 juntamente con el intrón 3. Existen otras variaciones de la proteína PITX2 que no han sido mencionadas aquí. La idea de este ejemplo es que un único gen puede ser usado para hacer múltiples proteínas. Si ese es el caso, entonces es necesari-

rio que existan mecanismos regulatorios para asegurarse de que las proteínas adecuadas sean sintetizadas por los genes apropiados.

¿Que tiene que ver esto con el “ADN basura”? El reciente avance en el conocimiento de lo que es el gen muestra que el genoma y los genes mismos son mucho más dinámicos de lo que inicialmente imaginábamos. Mientras los genes son menos numerosos de lo que se esperaba, son muy complejos en su estructura, expresión y sistemas de control asociados. La información que controla como se expresan ha de proceder de alguna otra parte. Parte de la información parece estar incluida en los genes mismos, pero gran parte parece yacer fuera de los genes en el ADN considerado como basura resultante del proceso de evolución. Para la sorpresa de muchos, gran parte de lo que una vez fue rechazado como “ADN basura” ahora juega un papel vital en la función normal de los sistemas genéticos.

En los últimos años el “ADN basura” ha proporcionado un tesoro de información sobre como operan los genomas. Los complejos

sistemas que ayudan a controlar los exones parecen estar involucrados en secuencias que ocupan al menos un tercio del genoma humano.¹² Eso es mucho más que el 3% del genoma humano que hace solo unos años atrás se pensaba que era funcional. Parece que varios fragmentos de ARN de transcripción intervienen en la regulación de cada etapa en la producción de proteínas. Estas cortas cadenas de ARN parecen proceder de todas partes del genoma, no solamente de zonas codificadoras de genes. De hecho, se está descubriendo que al menos el 70% del genoma se transcribe en ARN¹³ y que ambas cadenas de la doble hélice de la molécula de ADN se transcriben, no solamente la cadena que codifica una proteína.¹⁴

Uno de los descubrimientos recientes más sorprendentes indica que para la formación del huevo fecundado en ratones es necesario un ARN transcriptor de un pseudogen.¹⁵ Los pseudogenes son una forma de “ADN basura” que se pueden dividir en dos clases: procesados y no procesados. Los pseudogenes no procesados parecen ser genes normales que están rotos.¹⁶ Los pseudogenes procesados se parecen al ARNm que ha sido transcrito de vuelta a ADN. La mayoría de la gente, tanto si creen que Dios creó los seres humanos como si no, estaría de acuerdo en que los genes rotos no son sorprendentes, y que si el ARN revirtiese ocasionalmente a ADN, muchos no objetarían siempre que los datos apoyaran la afirmación. El descubrimiento de que estos pseudogenes tienen una función es genuinamente sorprendente para mucha gente familiarizada con ellos y muestra lo mucho que todavía nos queda por aprender. Si los pseudogenes tienen de hecho funciones vitales, entonces cuestionan la lógica usada al invocar los pseudogenes y el “ADN basura” como pruebas de un ancestro común, particularmente entre humanos y simios. Esto también revela la imprudencia de creer que las cosas se basan de alguna manera en lo que pensamos que es cierto acerca del mundo en vez de comprobar lo que observamos para ver si lo que creemos que es verdad tiene en realidad categoría de realidad.

Resulta difícil mantener los viejos argumentos contra un Dios creador sabio y bueno basados en la falsa presuposición de que los genomas son sobre todo restos de basura como resultado del proceso de la evolución. Otros argumentos más sutiles se basan en las cantidades de ADN mucho más pequeñas que tanto los creacionistas como los Darwinistas pudieran aceptar que no realizan ninguna función en el genoma. Sin embargo, la presunción de falta de función debe verse siempre con

excepción. No es que haya razones teológicas para no esperar que existan algunas imperfecciones en los genomas, sino que esta presuposición ha resultado ser incorrecta a gran escala con lo que antes era considerado como “ADN basura.” Las nuevas revelaciones científicas sobre el funcionamiento del genoma inspiran sorpresa y admiración acerca de su diseño. Resulta que los mecanismos de control codificados en el “ADN basura” son tan importantes como los genes que controlan y que los seres humanos, junto con los demás seres vivientes, son en realidad “formidables y maravillosos.”¹⁷

REFERENCIAS

- Lewin B. 2000. Genes VII. Oxford University Press. P. 75.
- Human Genome Sequencing Consortium. 2001. The sequence of the human genome. *Science* 291:1304-1351.
- Para una discusión detallada de la historia de este argumento y porqué, desde una perspectiva Darwinista, es débil, ver: Standish T. G. 2002. Rushing to Judgment: Functionality in Non-Coding or Junk DNA. *Origins* 53:7-30.
- Dawkins R. 2000. El Gene Egoísta. Salvat Editores, Barcelona.
- Nótese que George W. Beadle y Edward L. Tatum recibieron cada uno un cuarto del premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1958, la otra mitad del premio fue para Joshua Lederberg por sus descubrimientos relacionados con la recombinación genética bacteriana.
- Nótese que a pesar de la publicación del genoma humano, el número de genes en el genoma es todavía una estimación, no un recuento del número real de genes. Estas estimaciones se basan en ciertas presuposiciones que pueden o no ser válidas. Para un ejemplo reciente de la estimación del número de genes partiendo de ciertas presuposiciones evolutivas y que concluyeron en un número marcadamente bajo ver: Clamp M, Fry B, Kamal M, Xie X, Cuff J, Lin MF, Kellis M, Lindblad-Toh K, Lander ES. 2007. Distinguishing protein-coding and noncoding genes in the human genome. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104(49):19428-19433.
- Susumu Tonegawa recibió el premio Nobel en Fisiología y Medicina en 1987 por descubrir el mecanismo genético responsable de la diversidad de anticuerpos.
- Gage PJ, Suh H, Camper SA. 1999. The bicoid-related Pitx gene family in development. *Mammalian Genome* 10:197-200.
- A medida que se manufacturan las proteínas, los aminoácidos se van agregando a la creciente cadena de péptidos por reacciones de deshidratación entre el grupo carboxilo en el último aminoácido agregado y la amina del aminoácido que es añadido. Esto da lugar a un enlace peptídico. Debido a que los aminoácidos se agregan siempre al extremo de la proteína que tiene un grupo carboxilo, las proteínas crecen por el extremo que tiene una amina al descubierto, extremo llamado el terminal N, creciendo hacia el extremo con el grupo carboxilo, llamado terminal C.
- Lamba P, Hjalt TA, Bernard DJ. 2008. Novel forms of Paired-like homeodomain transcription factor 2 (PITX2): Generation by alternative translation initiation and mRNA splicing. *BMC Molecular Biology* 9(1):31.
- Cox CJ, Espinoza HM, McWilliams B, Chappell K, Morton L, Hjalt TA, Semina EV, Amendt BA. 2002. Differential Regulation of Gene Expression by PITX2 Isoforms. *Journal of Biological Chemistry* 277(28):25001-25010.
- Zhang C, Li W-H, Krainer AR, Zhang MQ. 2008. RNA landscape of evolution for optimal exon and intron discrimination. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 105(15):5797-5802.
- Pheasant M, Mattick JS. 2007. Raising the estimate of functional human sequences. *Genome Research* 17:1245-1253.
- RIKEN Genome Exploration Research Group and Genome Science Group (Genome Network Project Core Group) y el FANTOM Consortium. 2005. Antisense Transcription in the Mammalian Transcriptome. *Science* 309:1564-1566.
- Tam OH, Aravin AA, Stein P, Girard A, Murchison EP, Cheloufi S, Hodges E, Anger M, Sachidanandam R, Schultz RM, Hannon GJ. 2008. Pseudogene-derived small interfering RNAs regulate gene expression in mouse oocytes. *Nature*. Publicado en internet el 10 April 2008 doi:10.1038/nature06904
- Los pseudogenes no procesados pueden dividirse en dos subgrupos. Los pseudogenes unitarios son genes individuales que se han inactivado mientras que los pseudogenes duplicados son miembros de las familias de los genes. Mientras que otros miembros de las mismas familias de los genes producen proteínas, los pseudogenes duplicados no. Se interpretan como genes que fueron duplicados y más tarde mutados de modo que ya no poseen ninguna función.
- Salmo 139:14.