

BIOSEÑALES EN EL SISTEMA SOLAR

JULIAN CHELA-FLORES

The Abdus Salam

International Centre for Theoretical Physics

P.O.Box 586; Strada Costiera 11; 34136 Trieste, Italy

e

Instituto de Estudios Avanzados,

Apartado Postal 17606 Parque Central,

Caracas 1015A, República Bolivariana de Venezuela.

E-mail:chelaf@ictp.it

URL: <http://www.ictp.it/~chelaf/index.html>

1. Introducción

La reunión de la Universidad de Carabobo me llenó de esperanza para el futuro de nuestra disciplina. Los organizadores de ese significativo evento han insertado la astrobiología en el contexto del congreso:

"Ab Initio: Orígenes del Universo, la Tierra, la Vida y la Inteligencia".

Ello es sumamente acertado, especialmente si nos recordamos del estado actual del desarrollo harmónico de la cosmología^{1, 4, 9}, la planetología^{2, 3, 5-8, 10} y de la astrobiología¹¹⁻³³, ciencias que buscan aclararnos nuestros orígenes. Físicos, ingenieros, químicos y biólogos venezolanos han podido asistir a un evento con un número mayor de participantes que nosotros pudimos lograr en el precedente encuentro que tuvimos en el IDEA³⁸, hace ya más de 5 años. Este significativo hecho es para mí un estímulo sumamente satisfactorio. Nuestro país no debe descuidar la exploración del espacio y sus implicaciones. Me complace saber que estamos dando los primeros pasos en estas direcciones, tal como lo demuestran varias de las ponencias del encuentro^{3, 4, 5}. Conviene recordar que otros países emergentes, como lo son la India y la China le están dedicando una alta prioridad a la exploración del Sistema Solar. Ambos países asiáticos ya tienen misiones diseñadas para la conquista de la Luna en los próximos años.

En este breve trabajo abordaré algunos de los problemas dentro del Sistema Solar que están al alance de grupos experimentales de ciencia y tecnología. Debemos recordar que es limitado el posible apoyo económico a estas investigaciones. Ello, sin embargo, no nos debe detener a enfrentar la pregunta culturalmente más antigua que se ha puesto el ser humano:

¿Estamos solos en el universo?

Tal pregunta nos lleva a la frontera de la ciencia y de la tecnología. Además, con ella también nos acercamos a la frontera de las humanidades, como veremos al final de esta charla (Sec. 6)⁵⁴⁻⁶⁰.

2. La astrobiología

El marco de referencia de esta presentación es la astrobiología, es decir el nuevo estudio que comprende el origen, la evolución, la distribución y el destino de la vida en el universo. Si tomamos en cuenta este cuarteto de disciplinas (cf., Secciones 8.1.2 - 8.1.4 de la Bibliografía), podemos entender la importancia y amplitud de las contribuciones que los organizadores han logrado impartir al Congreso de Astrobiología. La presente contribución está incluida en el contexto de una disciplina, aun en su infancia, es decir la distribución de la vida en el universo. Ella tiene como principal objetivo la búsqueda y estudio de un segundo ejemplo de vida en el universo, ya que si otro ecosistema fuese encontrado, gracias al actual desarrollo de la tecnología, eso implicaría una ‘Segunda Génesis’, lo cual haría accesible un punto de referencia para abordar el problema aun no resuelto del origen de la vida. La disciplina que ha sido desarrollada para abordar el problema de nuestros orígenes se llama la ‘evolución química’. No me detendré a relatar la ilustre historia de la evolución química a partir de las primeras contribuciones de Alexander Oparin, John Haldane, Melvin Calvin, Stanley Miller, Cyril Ponnamperuma, Sidney Fox y Juan Oro, entre muchos otros. Más bien deseo comentar sobre las contribuciones que fueron presentadas en la Universidad de Carabobo. En resumen, distinguimos cuatro ‘capítulos’ de la astrobiología:

- Origen
- Evolución
- Distribución y
- Destino de la vida en el universo.

Dentro del primer capítulo de la astrobiología encontramos las contribuciones de Barrios, de Vladar, Galindo, Marcano, Ramírez y Sucre ¹¹⁻¹⁶. En el segundo capítulo de la astrobiología, la evolución de la vida en la Tierra y en el Universo, podemos mencionar las contribuciones de Barrios, Benítez, Carbonell, Eblen, García y Muñoz ¹⁷⁻²². Finalmente, deseo resaltar que la conferencia tuvo 11 presentaciones correspondientes al tercer capítulo de la astrobiología: la distribución de la vida en la Tierra y en el universo: Brewer Carias, Castañeda, Chela-Flores, Contreras, Labrador, Pérez en colaboración con Díaz, Rodríguez-Lemoine, Rozemberbaum, Segura, Valbuena y Wilkelman ²³⁻³³.

Sin embargo, debemos subrayar que no hubo presentaciones sobre el último capítulo de la astrobiología, o sea el destino de la vida en el Universo. Dejaré mis breves consideraciones sobre este tema hasta el final de este trabajo, o sea por ahora no discutiremos el ‘destino de la vida en el universo’.

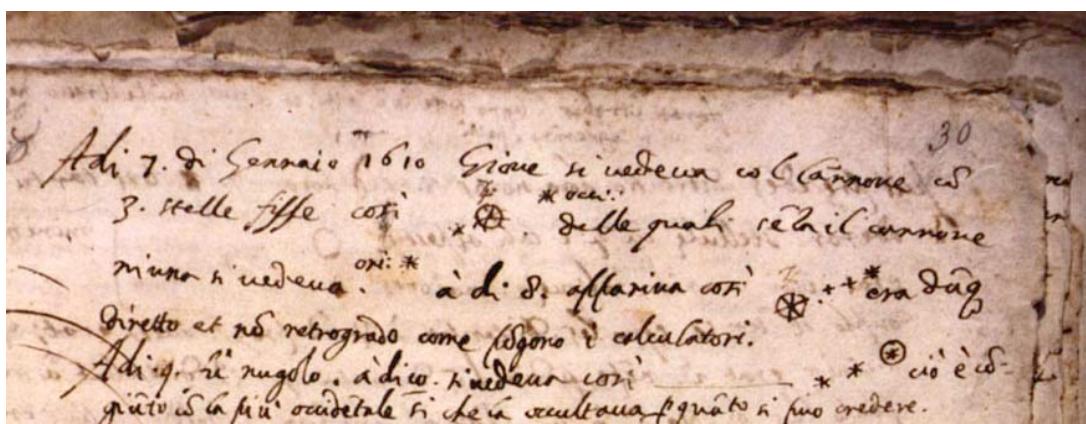
3. El descubrimiento de los satélites de Júpiter

Para comenzar comentaremos sobre la posibilidad de detectar bioseñales en el sistema de Júpiter. En mi reciente artículo para la revista *Principia*, el cual será publicado por la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado ³⁶, ya he discutido la relevancia de las lunas de Júpiter, las cuales han sido conocidas por casi cuatro siglos, desde el día 7 de Enero de 1610 (Figura 1a), pero todavía el sistema de Júpiter nos esconde múltiples misterios. Entre ellos destaca la existencia de los primeros océanos extraterrestres en algunos de sus satélites, cuyos interiores son

totalmente desconocidos, aunque sospechamos que puedan ser ambientes favorables a la existencia de la vida. De hecho, ya en ese mismo año, Galileo Galilei tomó notas cuidadosamente de sus observaciones sobre "cuatro estrellas errantes" en órbita sobre un mismo plano alrededor de Júpiter. (En estos apuntes el planeta está representado por un asterisco dentro de un círculo, mientras que el uso de asteriscos (sin círculos alrededor) denota cuerpos celestes observados por Galileo. Los cuatro cuerpos siderales son representados a distancias relativas al planeta. Más tarde Galileo entendió que dichos cuerpos eran más bien satélites de Júpiter.

Figura 1a

Notas de Galileo sobre "cuatro estrellas errantes" en órbita alrededor de Júpiter ⁶¹.



Una observación particular puede representarse con el sencillo dibujo de la Figura (1b):

Figura 1b

Hemos extraído un detalle de la Fig (1a), correspondiente a una observación de Galileo.



Con los medios ópticos de nuestros días, basta sólo un telescopio de algo más de 200 mm para observar la real imagen esquematizada en la Figura (1b), tal como lo hemos demostrado en la Fig. 2.

Figura 2

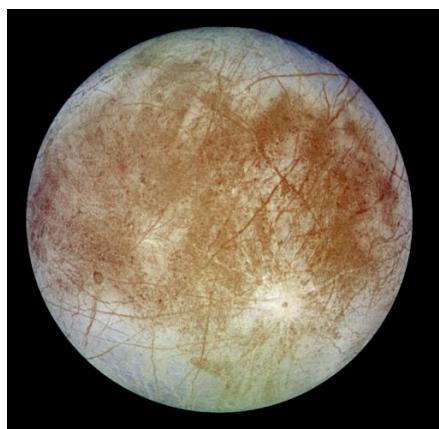
Imagen del satélite Io (izquierda) y Europa (derecha), junto con la sombra de Io sobre Júpiter.



Sin embargo, aun con la enorme ventaja que tenemos sobre el telescopio usado por Galileo, nos queda la frustración de no poder percibir suficiente detalles de la superficie de dichos satélites. Para satisfacer esta natural curiosidad hemos debido esperar los mayores logros de las principales misiones espaciales del Siglo XX, o sea las dos “Voyagers” y “Galileo”. Estas misiones fueron dirigidas a Júpiter y a sus lunas. Ambas sondas Voyager tenían un objetivo mucho más ambicioso que sólo el estudio del sistema de Júpiter. Del cuarteto de satélites descubiertos por Galileo, el más cercano a Júpiter es Io (Fig. 2, a la izquierda), a una distancia de 6 R_J (donde R_J representa el radio de Júpiter). El satélite Io es ligeramente mayor que la Luna. Pero la real diferencia entre las dos lunas es que nuestra vecina no tiene ninguna actividad volcánica evidente, mientras que el satélite Io es realmente el cuerpo más volcánico de nuestro sistema solar. Allí no terminan las sorpresas. El segundo satélite galileano (según su distancia a Júpiter) es de dimensión algo menor que la Luna, pero es de nuestro máximo interés. Antes de ir más adelante deseo describirles la imagen capturada justo al inicio de la Misión Galileo, la cual llega al sistema de Júpiter en el año 1995 (Figura 3, NASA).

Figura 3

El hemisferio 'arrastrado' de Europa, imagen de la Misión Galileo, órbita G2, (ver texto).



Se trata de una imagen del satélite llamado Europa ⁴⁵. Este nombre fue

sugerido por el astrónomo alemán Simón Marius en el año 1614. Marius sigue la tradición de la cultura clásica occidental de asignar al sistema de Júpiter personajes mitológicos asociados al dios del Olimpo.

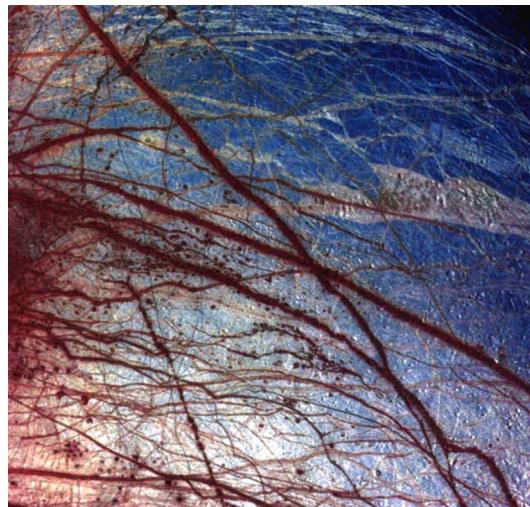
Por conveniencia, las coordenadas de longitud y latitud son definidas con respecto al meridiano principal. (La longitud correspondiente es definida por convención como cero.) Esta longitud es, por consiguiente, el centro del hemisferio que permanentemente está enfrente de Júpiter. El cráter Pwyll inmediatamente llama la atención en la parte central de la imagen justo al sur del ecuador. Este cráter tiene unos 50 Km de diámetro, estando casi justo sobre la longitud opuesta al meridiano cero (es decir a aproximadamente 270 Oeste y a 25 Sur). Otro aspecto notable de la imagen es la forma de “X” en la parte superior al cráter. Desde Pwyll hasta esta gran intersección hay unos 1,000 Km. La ‘grande X’ encierra la región de ‘Conamara’. Esta zona podría ser de poco espesor relativo, estando encima de un océano interior. Debido a la ubicación del cráter Pwyll con respecto al meridiano cero, todo el hemisferio de la imagen se le denomina el “hemisferio arrastrado”. En otras palabras Júpiter estaba a la izquierda cuando la imagen nos fue enviada por la Misión Galileo, cuando Europa se alejaba en una dirección perpendicular a la imagen.

4. La superficie helada de Europa

Europa está totalmente cubierta de hielo de agua con considerable contaminación de elementos químicos, entre los cuales destacan varios compuestos del azufre. Como Europa se encuentra relativamente cerca de Io es de esperar que también posea alguna actividad volcánica en su núcleo de silicato. Esta actividad geológica podría ser una posible fuente de calor para fundir parte de la capa de agua que envuelve su núcleo. Por esta razón, la cuestión de un océano en Europa ha sido ampliamente debatida ³⁵. Con gran probabilidad en el interior del satélite habría también una cantidad apreciable de carbono y de compuestos orgánicos. Esta convicción se debe a nuestra comprensión del origen del carbón sobre la Tierra misma. Ello se debe en gran parte al efecto del elevado numero de meteoritos y cometas que han llegado hasta la superficie terrestre desde épocas remotas. Lo mismo se espera que haya sucedido en Europa. En resumen, Europa puede tener los tres ingredientes que sabemos han jugado un papel esencial en la germinación de la vida en la Tierra: una fuente de energía, agua líquida y una cantidad de carbono suficiente. La superficie fue parcialmente fotografiada durante toda la actividad de la misión Galileo (1995-2003). Desde Diciembre 1997 hasta su conclusión en 2003, la misión Galileo preparó un mapa parcial de su superficie. Esto aumentó considerablemente la información recabada por las misiones Voyagers. En una segunda imagen algunas características favorables a la vida son evidentes. La Figura 4 nos muestra la intersección de las líneas Uadeus y Minos (50 Norte y 215 Oeste). Las numerosas manchas en forma de puntos se les llama *lenticulae*, lo que significa 'pecas'. Las líneas oscuras que atraviesan la imagen son el producto de las fuerzas debidas a las mareas que resquebrajan la superficie helada. Los colores que divulgó la NASA son falsos, pero dan una buena idea de las zonas donde el hielo no está contaminado por elementos químicos diferentes al agua. También son evidentes las zonas de contaminación en donde el azufre juega un papel importante. A mediano plazo hay dos propuestas para la exploración de Europa. Su objetivo es comprender más profundamente la potencialidad de este mundo para mantener la vida.

Figura 4

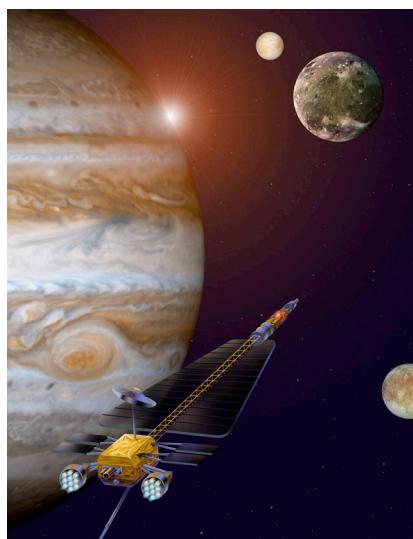
Intersección de las líneas Uadeus y Minos, 50 Norte y 215 Oeste; las muchas manchas en forma de puntos se les llama *lenticulae*.



Las nuevas misiones que están en preparación son: En primer lugar, la "Jupiter Icy Moons Orbiter", JIMO⁴⁶. JIMO podría incluir una sonda que llegue a la superficie de Europa con casi 400 Kg de equipo experimental en la próxima década (Figura 5, NASA).

Figura 5

La "Jupiter Icy Moons Orbiter", planificada para 2017, aproximadamente³⁹, imagen NASA.



En segundo lugar, la Agencia Espacial Europea ha concluido el plan preliminar para llevar a cabo la misión EMPIE ("Europa Microprobe In Situ Explorer", Figura 6, ESA^{43, 53}). Con ella se intenta colocar varias microsondas sobre la superficie de Europa. Tirso Velasco, de Santander España, junto con sus colegas, acaban de concluir el proyecto preliminar, el cual fue presentado en la conferencia

de la Unión Mundial de Geofísica en Viena⁵³.

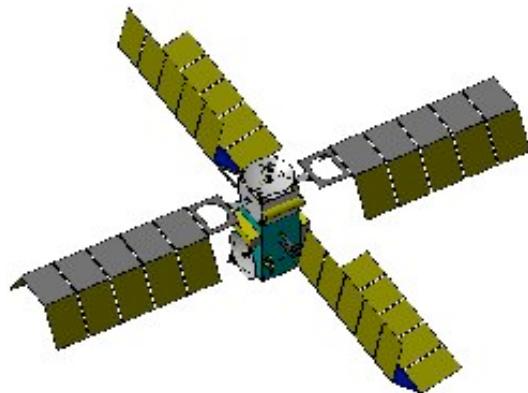
5. Condiciones ambientales terrestres análogas a las del satélite Europa

Hay algunos sitios en la Tierra en donde existen condiciones ambientales análogas a las de Europa. Un primer ejemplo es el Océano Ártico, en donde distinguimos las profundas hoyas de Canadá, Fram y Noruega alrededor del Polo Norte. Podemos apreciar que por debajo de la superficie congelada de estas hoyas, la temperatura del agua líquida permanece por encima de los 4 grados Centígrados a una profundidad de 500 metros. Un segundo ejemplo de un ambiente análogo al Océano de Europa se encuentra en Antártica⁵⁰. Allí, una gran variedad de microorganismos ya han sido estudiados. En particular, gracias al descubrimiento de Sir Robert Scott en 1905, conocemos los lagos de los valles congelados. En el Valle de Taylor hay varios lagos permanentemente cubiertos con una superficie congelada. En el Valle de Victoria tenemos el Lago Vanda, otro ejemplo bien estudiado desde el punto de vista de la microbiología. También sabemos que en todos estos lagos existen bacterias (cianobacterias) y aun organismos unicelulares que han evolucionado hacia células más complejas y organismos multicelulares.

Tal es el caso de las diatomeas, las cuales están caracterizadas por un núcleo que secuestra el material genético, o sea son organismos eucarióticos. Hay un acuerdo general que tales organismos podrían sobrevivir en el océano europeo. La futura exploración de Europa, sea cual fuese, debe de estar precedida de unas serie de pruebas en un ambiente terrestre. El sitio más adecuado es el continente de Antártica. En ese continente además se encuentra un lago sumergido debajo de una capa de hielo de unos 4 mil metros. Este lago, ubicado debajo de la Estación Rusa Vostok, tiene una superficie 40 veces de mayor dimensión que la del Lago de Valencia (de hecho es ligeramente mayor que el Lago de Maracaibo en el Estado Zulia).

Figura 6

La sonda compuesta JRS-JEO; EMPIE es un acrónimo para la “Europa Microprobe In Situ Explorer”⁴³, imagen ESA.



Se cree que los organismos del Lago 'Vostok' pueden haber permanecido aislados por un millón de años. Este tiempo es suficiente para que la Selección Natural aporte novedosos efectos darwinianos a ese misterioso ecosistema. Sabemos que bajo todos esos lagos, incluyendo Vostok, hay microorganismos sobreviviendo

en condiciones similares a las encontradas en el océano de Europa. Esto nos lleva al problema de cuál podría ser un experimento biológico adecuado en el contexto de la exploración de Europa.

6. Discusión: ¿Existen elementos biogénicos volátiles en los satélites galileanos?

Afortunadamente, estudiando sólo la superficie europea podríamos enfrentarnos con señales de una biota subyacente^{34, 42}. La superficie helada de Europa ya ha sido estudiada por medio de la espectroscopía desde el comienzo de la misión Galileo⁴⁹. Mediciones posteriores^{44, 48} han aportado evidencia de la presencia en la superficie de múltiples elementos químicos. Recordemos en este sentido que en la Tierra hay compuestos químicos que están asociados al metabolismo, o la descomposición de microbios. El mercaptano, por ejemplo, es un producto del decaimiento de materia animal o vegetal. (También se encuentra en el petróleo.) El término mercaptano se aplica específicamente al etil mercaptano C₂H₅SH. Este es un compuesto de azufre volátil y biogénico (como lo es también el metil mercaptano). Este compuesto de azufre se encuentra en bacterias y se obtiene eventualmente del sulfato reducido en la célula. Sin embargo, hay que recordar que la molécula interestelar de 6 átomos CH₃SH podría estar presente en el sistema de Júpiter desde la época de su formación ya que ha sido identificada en el polvo interestelar⁴¹. Por consiguiente, si en la superficie helada de Europa se detecta una región con una fuerte señal en 3.88 micrómetros, antes de atribuirla al mercaptano, es necesario confirmar su biogenicidad con la instrumentación apropiada. Si la presencia del mercaptano fuese debido a la influencia del medio interestelar en la formación del satélite, entonces la posible veracidad de esta hipótesis pudiese ser excluida con la ayuda de un parámetro llamado delta³⁴S⁵¹:

$$\text{delta}^{34}\text{S} = [(\text{^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{mu}} / (\text{^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{cp}} - 1] \times 10^3 \text{ [‰, MCD]}$$

Su valor es cercano a cero cuando la muestra coincide con el valor del meteorito del Cañón Diablo (MCD). Este famoso cuerpo pequeño del Sistema Solar es una triolita (FeS), la cual fue encontrada en un cráter al norte de Phoenix, Arizona. Este parámetro nos ofrece una comparación de la muestra estudiada con la muestra del MCD, el cual coincide con el cociente promedio terrestre de los dos isótopos más abundantes del azufre. Los valores son positivos para el parámetro delta³⁴S cuando hay en comparación una mayor cantidad del isótopo ³⁴S. Sin embargo, la ventaja de la definición es que, por el contrario, delta³⁴S será de valor negativo si hay más ³²S presente.

Además, se observa que en materiales del sistema solar no terrestres (polvo lunar y meteoritos), los valores de delta³⁴S son cercanos a la media del MCD, lo cual significa que procesos biológicos serán más reconocibles cuando se analiza el elemento azufre, en vez de carbono, hidrógeno o nitrógeno⁴⁶.

La producción del compuesto de azufre por bacterias anaeróbicas se está actualmente estudiando en ambientes lacustres^{37, 40}. (Las bacterias que metabolizan el azufre no pueden ser descartadas de antemano como una fuente de contaminación de la superficie helada de Europa.) Si la fuente de azufre fuese biogénica, desviaciones significativas del valor medio MCD del parámetro delta³⁴S deberían ser detectables. La cromatografía de gases-espectrometría de masa (GC-MS) es una

possible instrumentación apropiada para la detección de tales bioseñales. Alternativamente, una variedad de instrumentos miniaturizados están disponibles, los cuales ya han sido preparados para otras misiones, especialmente la misión Bepe Colombo para Mercurio cuyo lanzamiento tendrá lugar en la próxima década ⁵².

Para concluir abordaremos brevemente un aspecto de la astrobiología que no ha sido considerado en el Congreso de Valencia, es decir el destino de la vida en el universo. De hecho, no podemos concluir nuestro breve recuento sobre las implicaciones de reconocer bioseñales en Europa, sin hacer notar sus implicaciones más profundas: Ya conocemos un elevado número de planetas similares a Júpiter fuera de nuestro sistema solar ^{27, 30, 31}. Para ser exactos en este momento el número es de más de 150 planetas extrasolares, también conocidos como exoplanetas. El acoplamiento de un planeta gigante, con un satélite en condiciones favorables para la vida, nos proporciona un escenario mucho más amplio que la simple búsqueda de planetas terrestres en zonas habitables de los numerosos sistemas solares ya conocidos ⁴⁷. Si la respuesta es afirmativa a la pregunta que nos hemos hecho anteriormente:

¿Estamos solos en el universo?

sus implicaciones en las humanidades son profundas. Ello merece ser discutido en detalle. Agregaremos solamente algunos comentarios de naturaleza más bien filosófica: La universalidad de la bioquímica nos sugiere que en las misiones de exploración del Sistema Solar, la búsqueda de bioseñales de otras posibles formas de vida deberían ser seleccionados dentro la bioquímica tradicional. Es evidente la importancia de un eventual descubrimiento. Nuestra comprensión del ser humano y su cerebro sería más profunda si obtenemos observaciones implicando que la vida inteligente haya seguido senderos alternativos y convergentes en otras partes del universo ¹⁸. Hay una dificultad intrínseca de comprobar experimentalmente la posible evolución de la inteligencia con los métodos tradicionales de la ciencia. Por ejemplo, ello se ha intentado con la búsqueda de inteligencia extraterrestre (proyecto SETI) durante los últimos 50 años sin algún éxito hasta el presente. Por estas razones, podemos ponernos como objetivo comprobar sólo los primeros pasos de tales senderos evolutivos dentro de nuestro sistema solar. Ciertamente estamos en una posición favorable para buscar *in situ* las bioseñales en Europa. Dado los largos plazos temporales antes de poder efectuar los experimentos directamente, es oportuna la discusión de la factibilidad e implicaciones culturales de tal empresa.

7. Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento a los organizadores, especialmente a la Decano Dra. Yaquelin Loyo de Sardi y al Profesor Nelson Falcón por la magnífica oportunidad de participar en esa festiva ocasión para la Universidad de Carabobo, especialmente para su Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología. Además agradecemos a las diversas personas que han hecho la videoconferencia posible: el Ingeniero Marco Calamandrei en Trieste, mientras que en Valencia agradecemos la valiosa colaboración de los Profesores Ildemaro Castañeda y Antonio Felipe Castañeda, junto con sus colaboradores, los Licenciados Sumaya Pérez, Rubén Cheng y Fabián Robledo. Especialmente agradecemos a la Lic. Pérez por la excelente coordinación de la proyección de la imágenes de PowerPoint en Valencia para hacer posible la videoconferencia desde Trieste.

8. Bibliografía

8.1. TRABAJOS PRESENTADOS EN EL CONGRESO DE ASTROBIOLOGÍA

8.1.1 COSMOLOGÍA Y PLANETOLOGÍA

- 1 Bautista, M. (IVIC) Modelaje de espectros de plasmas fotoionizados.
- 2 Bongiovanni, A. (CIDA) La formación de estrellas en el Universo.
- 3 Drayer, G. (USB) La exploración humana de Marte un impulso cognitivo imprescindible.
- 4 Falcón, N. (UC) El eco de Dios: Radiación cósmica de fondo y el origen del Universo.
- 5 Flores, M. (FAV) Importancia de los aeropuertos venezolanos para la investigación espacial.
- 6 Medina, V. (UC) Estabilidad térmica de atmósferas de rayos X en cúmulos de galaxias.
- 7 Quintero, A. y Falcón, N. (UC) Modelado de electrometeores en Titán y en la atmósfera primitiva de la Tierra.
- 8 Peñaloza, M. (ULA): Perturbaciones en la biosfera causadas por volcanes e impactos de asteroides y meteoritos.
- 9 Pitter, W. (LUZ): De los mitos cosmogónicos a la cosmología científica.
- 10 Rivas, A. (UC) Evidencia de agua en la superficie de Marte: resultados de espectroscopia Mössbauer.

8.1.2 ORIGEN DE LA VIDA EN LA TIERRA Y EN EL UNIVERSO

- 11 Barrios, R. (UC) Radiación y vida primigenia.
- 12 de Vladar, H. (Universidad de Groningen, Holanda) Alternativas prebióticas para la síntesis de aminoácidos y otras moléculas relacionadas.
- 13 Galindo, I. (IDEA) Importancia de la investigación molecular en la comprensión de los orígenes de la vida.
- 14 Marcano, V. (ULA) Origen y evolución de la vida en ambientes de hidrocarburos.
- 15 Ramírez, J. L. (IDEA) Visión Genético-Molecular del origen y evolución de la Vida.
- 16 Sucre, O. (UC) Condiciones Físicas en Atmósferas Planetarias para el desarrollo de sistemas biológicos.

8.1.3 EVOLUCIÓN DE LA VIDA EN LA TIERRA Y EN EL UNIVERSO

- 17 Barrios, V. (UC) Computación evolutiva.
- 18 Benítez, P. (ULA) El cerebro humano como modelo de organización inteligente en el universo.
- 19 Carbonell, L. M. (Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela) Orígenes de la conciencia humana un enigma a dilucidar.
- 20 Eblen, A. (UC) Análisis matemático de la comunicación neuronal.
- 21 García L. (AsoVAC) Morfo-fisiología comparada: evolución versus diseño inteligente.
- 22 Muñoz, R. (UC) El rol dinamizador de la percepción cromática en el desarrollo evolutivo.

8.1.4 DISTRIBUCIÓN DE LA VIDA EN EL UNIVERSO

- 23 Brewer Carias, C. Exploraciones de los ambientes extremos de las tierras altas en la Guayaná Venezolana.
- 24 Castañeda, A. (UC) Mega-interferómetro de línea-base terrestre en tiempo real.
- 25 Chela-Flores, J. (ICTP, Italia) Bioseñales en el Sistema Solar.
- 26 Contreras, M. (UC) Termoestabilidad de proteínas en hipertermófilos.
- 27 Labrador, J. (UC) Enfriamiento de estrellas enanas y planetas jovianos.
- 28 Pérez, R. (ULA) y Díaz, R. (ULA) Protección de nucleótidos fosforilados por ácidos fenolitos ante la radiación UV en planetas terrestres tempranos.
- 29 Rodríguez-Lemoine, V. (Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela) Una mirada al universo procariota y la preservación *ex situ* de la biodiversidad.
- 30 Rozembaum, S. (Planetario Humboldt) Planetas extrasolares y astrobiología.
- 31 Segura, A. (JPL-NASA, Estados Unidos de América) Búsqueda y caracterización de planetas alrededor de otras estrellas.
- 32 Valbuena, O. (UC) Caracterización molecular de organismos termófilos.
- 33 Wilkelman, J. (UC) Biodegradación de compuestos aromáticos y aceites empleando bacterias termófilas.

8.2. LITERATURA CITADA EN EL TEXTO

- 34 Bhattacherjee, A. B y Chela-Flores, J. (2004). Search for bacterial waste as a possible signature of life on Europa, in Seckbach, J., Chela-Flores, J., Owen, T. and Raulin, F., (eds.). En "Life in the Universe", Cellular Origin and Life in Extreme Habitats and Astrobiology, 7. Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 257-260. <http://www.ictp.it/~chelaf/ss27.html>
- 35 Chela-Flores, J. (1996-2005). Europa: towards a search for its biosignatures, artículos online: <http://www.ictp.trieste.it/~chelaf/ss16a>
- 36 Chela-Flores, J. (2005). Física y Biología en la Búsqueda de Vida en el Universo, Principia (Barquisimeto, Venezuela) por invitación. En prensa. <http://www.ictp.it/~chelaf/ss30>
- 37 Chela-Flores, J., P. Del Negro, S. Predonzani, S. Fonda Umani y C. P. McKay (2005). Instrumentation for the Detection of Biosignatures on Europa (summary). European Geosciences Union General Assembly 2005 (EGU05), Session GI3: *Space Instrumentation*. Vienna, Austria, 24 - 29 April 2005. Geophysical Research Abstracts. Vol. 7, 03984, 2005, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-03984, European Geosciences Union 2005, http://www.cosis.net/members/meetings/sessions/poster_programme.php?p_id=127&s_id=2079&PHPSESSID=d4c9e6c672f2c2de5283ebb87f602123 (Opción: Y061 EGU05-A-03984; GI3-1TH5P-0061)
- 38 Chela-Flores, J., Lemarchand, G.A. y Oro, J. (2000). *Astrobiology: Origins from the Big Bang to Civilisation*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands. <http://www.springeronline.com/sgw/cda/frontpage/0,11855,5-198-22-33525257-0,00.html>
Ver también <http://www.ictp.trieste.it/~chelaf/origin1999.html>
- 39 Christensen, A., Leavitt, K., Johnson, T. y Reuter, J. (2005). Science on the JIMO Vehicle, Geophysical Research, Abstracts, Vol. 7, 09940, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-09940, European Geosciences Union.
- 40 Del Negro, P. De Vittor, C., Predonzani, S., Tamberlich, F., Piani, R., Finocchiaro, F., Fanzutti, G.P. y Fonda Umani, S. (2000). Sulfate bacterial utilization in surface sediments of Sabaudia Lake. Biología Marina Mediterranea, 8 (1), pp. 309-315.
- 41 Ehrenfreund, P. y Charnley, S. B. (2001). From Astrochemistry to Astrobiology, ESA SP-496, pp. 35-42.
- 42 Fagents, S. A. (2003). Considerations for the Effusive Cryovolcanism on Europa: The Post-Galileo Perspective, Jour. Geophys. Res. Vol. 108, No. E12, 5139.
- 43 Falkner, P., van der Berg, M. L., Renton, D., A. Atzei, Lyngvi, A. y Peacock, A (2005). ESA Technology Reference Studies, Geophysical Research Abstracts. Vol. 7, 05115, 2005, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-05115, European Geosciences Union.
- 44 Fanale, F. P., Granahan, J. C., McCord, T. B., Hansen, G., Hibbitts, C. A., Carlson, R., Matson, D., Ocampo, A., Kamp, L., Smythe, W., Leader, F., Mehlman, R., Greeley, R., Sullivan, R., Geissler, P., Barth, C., Hendrix, A., Clark, B., Helfenstein, P., Veverka, J., Belton, M.J. S., Becker, K., Becker, T., y los equipos de instrumentos del Galileo NIMS, SSI, UVS (1999), *Galileo's Multiinstrument Spectral View of Europa's Surface Composition*, Icarus 139, 179-188.
- 45 Greenberg, R. (2005). Europa the Ocean Moon, Springer Praxis Publishing, Chichester, UK.
- 46 Johnson, T. (2004). A look at the Galilean Satellites After the Galileo Mission, Phys Today, Abril pp. 77-83.
- 47 Léger, A., Selsis, F., Sotin, C., Guillot, T., Despois, D., Mawet, D., Ollivier, M., Labèque, A., Valette, C., Brachet, F., Chazelas, B. y Lammer, H. (2004). A new family of planets? "Ocean-Planets", Icarus 169, pp. 499-504.
- 48 McCord, T.B., Hansen, G.B., Clark, R.N., Martin, P.D., Hibbitts, C.A., Fanale, F.P., Granahan, J.C., Segura, N. M., Matson, D.L., Johnson, T.V., Carlson, R.W., Smythe, W.D., Danielson, G.E. y el Equipo NIMS (1998). Non-water-ice constituents in the surface material of the icy Galilean satellites from the Galileo near-infrared mapping spectrometer investigation, Jour. Geophys. Res. Vol. **103**, No. E4, pp. 8603-8626.
- 49 Noll, K. S., Weaver, H. A., y Gonnella, A. M. (1995). The Albedo Spectrum of Europa from 2200 Angstrom to 3300 Angstrom, J. Geophys. Res. **100**, 19057-19059.
- 50 Priscu, J. C., Fritsen, C.H., Adams, E.A., Giovannoni, S.J., Paerl, H.W., McKay, C.P., Doran, P.T., Gordon, D.A., Lanoil, B.D. y Pickney, J.L. (1998) Perennial Antarctic Lake Ice: An Oasis for Life in a Polar Desert, Science 280, 2095-2098.

- 51 Schidlowski, M., Hayes, J.M. y Kaplan, I. R. (1983). Isotopic Inferences of Ancient Biochemistries: Carbon, Sulfur, Hydrogen, and Nitrogen. En: *Earth's Earliest Biosphere its Origin and Evolution*, J. William Schopf (ed.), Princeton University Press, Princeton, New Jersey, pp. 149-186.
- 52 Sheridan, S., Morse, A.D., Barber, S.J., Wright, I.P. y Pillinger, C. T. (2003). EVITA – A miniature mass spectrometer to identify and quantify volatiles evolved from Mercury's regolith, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 5, 09958, European Geosciences Union.
- 53 Velasco, T., Renton, D., Alonso, J. y Falkner, P. (2005). The Europa Microprobe In Situ Explorer (EMPIE), *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 01895, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-01895, European Geosciences Union.

8.3. LITERATURA CITADA SOBRE EL DESTINO DE LA VIDA EN EL UNIVERSO

- 54 Chela-Flores, J. (1998). The Phenomenon of the Eukaryotic Cell. En: *Evolutionary and Molecular Biology: Scientific Perspectives on Divine Action*. R. J. Russell, W. R. Stoeger and F. J. Ayala, Editors. Vatican City State/Berkeley, California: Vatican Observatory and the Center for Theology and the Natural Sciences, pp. 79-99. <http://www.ictp.trieste.it/~chelaf/ss20.html>
- 55 Chela-Flores, J. (1999a). Gli alberi della vita. En: Carlo Maria Martini *Orizzonti e limiti della scienza Decima Cattedra di non credenti*. Eds. E. Sindoni and C. Sinigaglia. (En la Serie "Scienze e Idee", dirigida por G. Giorello. Raffaello Cortina Editor: Milán. pp. 43-50. <http://www.ictp.trieste.it/~chelaf/ss113.html> <http://www.ictp.trieste.it/~chelaf/ss114.html> <http://www.ictp.trieste.it/~chelaf/ss115.html> http://www.diocesi.milano.it/1998/_redazione/cattedra.htm
- 56 Chela-Flores, J. (1999b). Dialogo Carlo Maria Martini e Julian Chela-Flores. En: Carlo Maria Martini *Orizzonti e limiti della scienza Decima Cattedra di non credenti*. Eds. Elio Sindoni and Corrado Sinigaglia. (En la Serie "Scienze e Idee dirigida por G. Giorello. Raffaello Cortina Editor: Milán. pp. 65-68. <http://www.ictp.trieste.it/~chelaf/ss111.html>
- 57 Chela-Flores, J. (1999). Search for the Ascent of Microbial Life towards Intelligence in the Outer Solar System. En: *Origin of intelligent life in the universe*. Eds. R. Colombo, G. Giorello y E. Sindoni. Edizioni New Press: Como. pp.143-157. http://www.ictp.trieste.it/~chelaf/searching_for_ascent.html
Traducción al Español: <http://www.cibernous.com/autores/astrobiologia/teoria/chela.html>
- 58 Chela-Flores, J. (2003). Marco cultural de la Astrobiología. Letras de Deusto (Universidad de Deusto, Bilbao), nº 98, Vol. XXXIII, enero-marzo de 2003: pp. 199-215. <http://www.cibernous.com/autores/astrobiologia/index.html>
- 59 Chela-Flores, J. (2005) Fitness of the universe for a second genesis Is it Compatible with Science and Christianity? Science and Christian Belief Vol 17/1 (en prensa).
- 60 Chela-Flores, J. (2006). Fitness of the cosmos for the origin and evolution of life: from biochemical fine-tuning to the Anthropic Principle. En: "Fitness of the cosmos for life: Biochemistry and fine-tuning", John D. Barrow, Simon Conway Morris, Stephen J. Freeland y Charles L. Harper, eds., Cambridge University Press (en prensa).
- 61 La pagina es accesible en el siguiente sito:
http://images.google.it/imgres?imgurl=http://www2.jpl.nasa.gov/ganymede/manuscript1_t.jpg&imgrefurl=http://www2.jpl.nasa.gov/ganymede/discovery.html&h=162&w=106&sz=7&tbnid=EAiczeOfmIQJ:&tbnh=92&tbnw=60&hl=it&start=18&prev=/images%3Fq%3DGalileo%2BManuscript%26svnum%3D10%26hl%3Dit%26lr%3D%26sa%3DG